

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-081939

(43)Date of publication of application : 22.03.2002

(51)Int.Cl.

G01C 19/56
G01P 9/04

(21)Application number : 2000-402395

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 28.12.2000

(72)Inventor : MOCHIDA YOICHI

(30)Priority

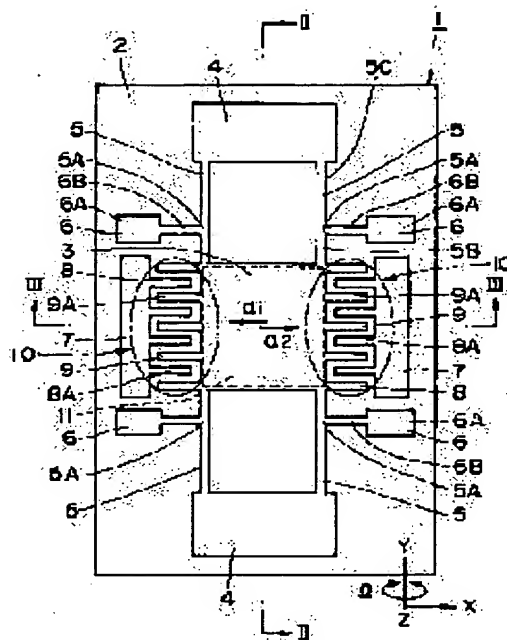
Priority number : 2000207128 Priority date : 07.07.2000 Priority country : JP

(54) EXTERNAL FORCE MEASURING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To support a support beam for connecting mass parts at an appropriate position to prevent a vibration of the mass part from conducting to a board and raise the detection accuracy to improve the reliability.

SOLUTION: A central mass part 3 and a pair of outside mass parts 4, 4 are connected through a support beam 5 replaceably in an X-axis direction. During actuating of an angular velocity sensor 1, a vibration generating means 10 vibrates the mass parts 3, 4 approximately in the opposite phase mutually to the X axis direction. When an angular velocity ω around a Y axis is added in this condition, the displacements of the mass parts 3, 4 shifting in a Z-axis direction are detected as the angular velocity ω . Fixtures 6 on a board 2 support nodes 5A of the beam 5 corresponding to nodes of the mass parts 3, 4 vibrating mutually in the opposite phase, thereby suppressing the vibrations of the mass parts 3, 4 from conducting to the board 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3589182

[Date of registration] 27.08.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

특 2002-0007165

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl.⁷
G01P 9/04(11) 공개번호 특 2002-0007165
(43) 공개일자 2002년 01월 26일

(21) 출원번호	10-2001-0040389
(22) 출원일자	2001년 07월 06일
(30) 우선권주장	JP-P-2000-00207128 2000년 07월 07일 일본(JP) JP-P-2000-00402395 2000년 12월 28일 일본(JP)
(71) 출원인	가부시키가이샤 무라타 세이사쿠쇼 무라타 마스터카
(72) 발명자	일본국 교토후 나가오카교시 덴진 2초메 26방 10고 모치다요이치
(74) 대리인	일본국교토후나가오카교시덴진2초메26방10고가부시키가이샤무라타세이사쿠쇼 윤동열, 이선희

심사청구 : 있음

(54) 외력 측정장치

요약

중앙 질량부와 한쌍의 외측 질량부를 지지빔에 의하여 X축방향으로 변위가능하게 연결한다. 각속도 센서의 작동시에는 진동발생기에 의하여 질량부를 X축방향에 대하여 서로 거의 역위상으로 진동시킨다. 이 상태에서 Y축에 관한 각속도 ω_y 가 가해질 때에는 질량부가 Z축방향으로 변위할 때의 변위량을 각속도 ω_y 로써 검출한다. 또한, 기관상에 형성된 고정부는 질량부가 서로 역위상으로 진동할 때의 도드에 대응하는 지지빔의 도드를 지지함으로써, 질량부의 진동이 기관에 전해지는 것을 억제한다.

도면

도 1

도 2

각속도 센서, 외력 측정장치

도 3

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 각속도 센서를 나타낸 평면도이다.

도 2는 도 1의 화살표 II-II를 따른 각속도 센서의 단면도이다.

도 3은 도 1의 화살표 III-III를 따른 각속도 센서의 단면도이다.

도 4는 중앙 질량부와 외측 질량부가 역위상으로 진동하는 상태를 나타낸 평면도이다.

도 5는 본 발명의 제 2 실시형태에 따른 각속도 센서를 나타낸 평면도이다.

도 6은 도 5의 화살표 VI-VI를 따른 각속도 센서의 단면도이다.

도 7은 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 각속도 센서를 나타낸 평면도이다.

도 8은 중앙 질량부와 프레임형상 질량부가 외측 질량부에 대하여 역위상으로 진동하는 상태를 나타낸 각속도 센서의 요부 확대도이다.

도 9는 본 발명의 제 4 실시형태에 따른 각속도 센서를 도 8과 동일 위치에서 본 요부 확대도이다.

도 10은 본 발명의 제 5 실시형태에 따른 각속도 센서를 나타낸 평면도이다.

도 11은 도 10의 화살표 X1-X1를 따른 각속도 센서의 단면도이다.

도 12는 중앙 질량부와 외측 질량부가 각속도에 의하여 서로 역방향으로 변위되는 상태를 나타낸 평면도이다.

도 13은 도 12의 각속도 센서를 모식적으로 나타낸 설명도이다.

도 14는 본 발명의 제 6 실시형태에 따른 외력 센서를 나타낸 평면도이다.

도 15는 외력 센서의 일부를 나타낸 부분 확대도이다.

도 16은 외력 센서에 접속된 외력 연산부를 나타낸 구성도이다.

도 17은 외력 센서의 중앙 질량부와 외측 질량부가 각속도에 의하여 서로 역방향으로 변위되는 상태를 모식적으로 나타낸 설명도이다.

도 18은 본 발명의 제 3 실시형태의 변형예를 나타낸 각속도 센서의 요부 확대도이다.

(도면의 주요 부분에 있어서의 부호의 설명)

- 1, 21, 41, 71: 각속도 센서
- 2, 22, 42, 72, 102: 기판
- 3, 23, 43, 73, 103: 중앙 질량부(제 1 질량부)
- 4, 24, 44, 74, 75, 104, 105: 외측 질량부(제 2 질량부)
- 5, 25, 46, 76, 108: 지지빔
- 5A, 25A, 46A, 76A, 108A: 노드
- 6, 27, 49, 61, 79, 112: 고정부
- 7, 28, 50, 80, 113: 구동전극용 지지부
- 8, 29, 51, 81, 114: 고정측 구동전극
- 8A, 9A, 29A, 30A, 33A, 34A, 51A, 52A, 55A, 56A, 81A, 82A, 85A, 85B, 86A, 86B, 87A, 88A, 89A, 80A, 114A, 115A, 118A, 119A, 120A, 121A, 122A, 123A, 124A, 125A: 전극판(전극부)
- 9, 30, 52, 82, 115: 가동측 구동전극
- 10, 31, 53, 83, 116: 진동발생부(진동발생기)
- 11, 33, 55, 85, 86, 118, 119, 120, 121: 고정측 검출전극
- 12, 34, 56, 87, 88, 89, 90, 122, 123, 124, 125: 가동측 검출전극
- 13, 35, 57, 91, 92: 각속도 검출부(외력 검출기)
- 26, 48, 77, 78, 109, 110: 질량부 지지빔
- 32, 54, 84, 117: 검출전극용 지지부
- 45, 406, 107: 프레임형상 질량부(제 3, 제 4 질량부)
- 47, 111: 연결부
- 101: 외력 센서
- 126, 127, 128, 129: 변위량 검출부
- 130: 외력 검출부(외력 검출기)
- 131, 132, 133, 134: 가산 증폭기(외력 연산부)
- 135, 136: 차등 증폭기(외력 연산부)

본 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적

본 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 예를 들면 각속도, 가속도 등의 외력을 검출하는데 바람직하게 사용되는 외력 측정장치에 관한 것이다.

일반적으로, 외력 측정장치로서는, 기판과, 상기 기판상에 지지빔을 통하여, 직교하는 2방향으로 변위가 능하게 지지된 질량부와, 상기 질량부를 상기 2방향중에서 한 방향으로 기판과 평행한 진동 방향으로 진동시키는 진동발생수단과, 상기 질량부가 상기 진동방향에 수직인 검출방향으로 변위할 때의 질량부의 변위량을 검출하는 각속도 검출수단을 포함하는 각속도 센서가 알려져 있다(예를 들면, 일본국 특허공개 평 5-312576호 공보).

이러한 제 1 종래기술에 따른 각속도 센서에서는, 기판에 대하여 평행한 X축 및 Y축방향중에서 예를 들면 X축방향으로 질량부를 소정의 진폭으로 진동시킨다. 이 상태에서 Z축에 관한 각속도가 가해지면, 질량부에는 코리올리힘이 작용하여, 질량부가 Y축방향으로 변위된다. 따라서, 각속도 검출수단은 이 질량부의 변위량을 정전용량 등의 변화로서 검출함으로써, 각속도에 상응한 검출신호를 출력한다.

이 경우, 질량부는 기판에 형성된 지지빔에 의하여, X축방향 등으로 변위(진동)가능하게 지지되어 있다. 이 지지빔은 일단측이 기판에 고정되고, 그 선단측이 질량부에 연결된다. 각속도 센서의 작동시에는, 지지빔이 편향됨으로써 질량부가 X축방향으로 진동한다.

예를 들면, 일본국 특허공개 평 7-218268호 공보에 기재된 제 2 종래기술에서는, 음차(tuning fork)라 불

리우는 각속도 센서를 사용한다. 기관상에 배치한 한쌍의 질량부를 서로 역위상으로 진동시킨다. 질량부로부터 지지빔을 통하여 기관에 전해지는 진동을 한쌍의 질량부에 의하여 상쇄한다.

이 경우, 한쌍의 질량부를 지지하는 지지빔은 각 질량부를 기관에 대하여 1부위에서 지지할 수 있도록 복수의 절곡부를 갖는 복잡한 형상을 갖는다. 게다가, 지지빔의 선단측이 분기하여 각 질량부에 연결되어 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상술한 제 1 종래기술에서는, 질량부가 지지빔을 통하여 기관에 연결되어 있다. 따라서, 질량부가 기관상에서 진동할 때에는, 그 진동이 지지빔을 통하여 기관측에 전해지기 쉽다.

이 때문에, 각속도 센서의 작동시에는, 진동 에너지가 기관측에 누설되어, 질량부의 진폭 및 진동속도가 감소하고, 각속도에 의한 코리올리힘이 작아진다. 그 결과, 검출감도가 불만정하게 될 수가 있다. 또한, 기관측에 진동이 전해지면, 각속도가 질량부에 가해지고 있지 않음에도 불구하고, 질량부는 기관의 진동에 의하여 검출방향으로 진동할 수가 있다. 따라서, 각속도의 검출값에 오차가 생기기 쉬워지며, 신뢰성이 저하한다는 문제가 있다.

한편, 제 2 종래기술에서는, 한쌍의 질량부를 서로 역위상으로 진동시킴으로써, 기관측에 전해지는 진동을 상쇄하고 있다. 그러나, 이들 질량부는 복잡한 절곡형상을 갖는 지지빔에 의하여 지지되어 있다. 따라서, 센서의 제조시에는 예를 들면 지지빔의 굵기, 형상, 편향시의 특성 등을 양측에 형성된 질량부에 대하여 균일하게 하는 것이 어렵다.

이 때문에, 제 2 종래기술에서는, 지지빔의 굵기편차 및 가공오차 등에 의하여 한쌍의 질량부의 진동상태에 차가 생길 수가 있다. 따라서, 기관측에 전해지는 각 질량부의 진동을 안정적으로 상쇄할 수 없다는 문제가 있다.

한편, 각속도 센서의 작동시에는, 충격 등의 외력에 의하여 센서에 Y축방향의 가속도가 가해지면, 질량부는 각속도에 의한 코리올리힘뿐만 아니라, 가속도에 의한 관성력에 의하여 Y축방향으로 변위할 수가 있다. 따라서, 각속도 성분과 가속도 성분을 포함한 변위량이 각속도로서 검출된다.

이 결과, 제 1 종래기술에서는, 예를 들면 각속도 센서에 약간의 충격 등이 가해지는 것만으로도, 충격 등에 의한 가속도 성분이 각속도 검출신호에 오차로서 포함되게 되어, 각속도의 검출정밀도가 저하한다. 따라서, 신뢰성을 향상시키는 것이 어렵다는 문제가 있다.

특히, 센서에 가해지는 가속도가 질량부의 진동주파수에 가까운 주파수 성분을 갖고 있는 경우에는, 진동주파수에 상응한 일정한 주기로 검출신호를 동기정류하여 적분함으로써, 각속도 성분을 추출하는 동기검파 등의 신호처리를 행하더라도, 가속도 성분에 의한 오차를 확실하게 제거할 수는 없다.

본 발명은 상술한 종래기술의 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 본 발명의 제 1 목적은 질량부의 진동이 지지빔을 통하여 기관측에 전해지는 것을 방지할 수 있으며, 진동상태를 기관상에서 안정적으로 유지할 수 있음과 아울러, 검출감도와 검출정밀도 및 신뢰성을 높일 수 있는 외력 측정장치를 제공하는데 있다.

또한, 본 발명의 제 2 목적은 각속도와 가속도 양자가 질량부에 가해지는 경우에도, 적어도 각속도를 가속도로부터 분리하여 정확하게 검출할 수 있으며, 검출 동작을 안정화할 수 있는 외력 측정장치를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상술한 문제를 해결하기 위하여 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 기관과, 상기 기관으로부터 이격되어 기관과 대향하며, X축, Y축 및 Z축방향의 3개의 직교하는 축방향중에서 Y축방향으로 배치되며, X축방향으로 서로 역위상으로 진동할 수 있는 복수의 질량부와, 상기 복수의 질량부를 진동시키기 위한 진동발생기와, 상기 각 질량부를 X축방향으로 변위가능하게 연결하는 지지빔과, 상기 지지빔과 상기 기관 사이에 형성되는 고정부와, 상기 각 질량부에 각속도 또는 가속도가 작용하였을 때에 상기 각 질량부가 Y축 및 Z축방향 중의 한 방향으로 변위하는 변위량을 검출하는 외력 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치가 제공된다.

이와 같이 구성함으로써, 복수의 질량부를 지지빔에 의하여 진동방향(X축방향)과 직교하는 Y축방향으로 연결할 수 있다. 예를 들면 일부의 질량부를 진동발생기에 의하여 진동시킴으로써, 안정한 질량부를 거의 역위상으로 진동시킬 수 있다. 이에 따라서, 질량부를 연결하는 지지빔의 중간부위에는, 지지빔이 각 질량부와 함께 진동할 때에 지지빔이 거의 일정하게 위치하는 진동의 노드를 배치할 수 있다.

또한, 예를 들면 역위상으로 진동하는 2개의 질량부는 각속도가 가해질 때에 코리올리힘에 의하여 역방향으로 변위하고, 가속도가 가해질 때에는 관성력에 의하여 동일한 방향으로 변위한다. 따라서, 질량부의 변위량을 비교함으로써, 각속도와 가속도를 서로 구별하여 검출할 수 있다.

바람직하게는, 고정부는 각 질량부가 서로 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 상기 지지빔의 부위를 기관에 접속한다.

이에 따라서, 고정부는 질량부와 지지빔이 진동할 때의 진동 노드에 대응하는 위치에서 상기 지지빔을 기관에 고정할 수 있다. 따라서, 고정부는 질량부의 진동이 기관측에 전해지는 것을 억제할 수 있다.

또한, 지지빔은 각 질량부를 Z축방향으로 변위가능하게 지지할 수 있으며, 외력 검출수단은 질량부가 Z축방향으로 변위할 때의 각 질량부의 변위량을 검출한다.

따라서, 질량부를 X축방향으로 진동시키면서, 예를 들면 각속도, 가속도 등의 외력에 상응하여 질량부를 Z축방향으로 변위시킬 수 있다. 그리고 이 변위량을 외력 검출기에 의하여 각속도 또는 가속도로서 검출

할 수 있다.

또한, 바람직하게는, 각 질량부는 Y축방향으로 중앙에 위치한 제 1 질량부와, 상기 제 1 질량부의 Y축방향 양측에 위치하는 제 2 질량부를 포함하고, 제 1 질량부는 Y축방향으로 변위가능한 질량부 지지빔을 통하여 지지빔에 지지되며, 외력 검출기는 제 1 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 제 1 질량부의 변위량을 검출한다.

따라서, 제 1 질량부를 사이에 두고 제 2 질량부를 대칭적으로 배치할 수 있다. 이를 질량부를 X축방향으로 역위상으로 안정적으로 진동시킬 수 있다. 이 상태에서, 제 1 질량부가 각속도에 상응하여 Y축방향으로 변위할 때, 그 변위량을 외력 검출기에 의하여 각속도로써 검출할 수 있다. 또한, 센서에 각속도가 가해지지 않을 때에는, 제 1, 제 2 질량부가 X축방향만으로 진동한다. 이 때 질량부 지지빔은 Y축방향으로 변위하지 않도록 유지될 수 있다. 따라서, 제 1 질량부가 Y축방향으로 잘못 변위하는 것을 방지할 수 있다.

본 발명의 제 2 양태에 따르면, 기관과, 상기 기관으로부터 이격되어 기관과 대향하며, X축, Y축 및 Z축 방향의 3개의 직교하는 축방향중에서 Y축방향으로 배치되며, X축방향으로 진동할 수 있는 제 1 질량부와, 상기 복수의 질량부를 진동시키기 위한 진동발생기와, 상기 제 1 질량부를 사이에 두고 상기 제 1 질량부의 Y축방향의 양측에 형성되며, 또한 상기 진동발생기에 의하여 X축방향으로 진동할 수 있는 제 2 질량부와, 상기 제 1 질량부와 제 2 질량부 사이에 위치하여 상기 제 1 질량부를 둘러싸는 제 3 질량부와, 상기 제 2 질량부를 서로 X축방향으로 변위가능하게 연결하는 지지빔과, 상기 지지빔에 상기 제 3 질량부를 연결하는 연결부와, 상기 제 3 질량부에 제 1 질량부를 Y축방향으로 변위가능하게 연결하는 질량부 지지빔과, 상기 기관과 상기 지지빔 사이에 형성되며 또한 상기 지지빔을 상기 기관에 접속하는 고정부와, 상기 제 1 질량부에 각속도가 작용할 때에 상기 제 1 질량부의 Y축방향으로의 변위량을 검출하는 외력 검출기를 포함하며, 상기 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 및 제 4 질량부는 서로 역위상으로 진동하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치가 제공된다.

따라서, 제 1, 제 2, 제 3 질량부를 진동발생기에 의하여 X축방향으로 진동시키면서, 제 1 질량부를 각속도에 따라서 Y축방향으로 변위시킬 수 있다. 또한, 센서에 각속도가 가해지고 있지 않을 때에는, 지지빔이 X축방향으로 편향됨으로써, 제 1, 제 2, 제 3 질량부가 X축방향으로만 진동하고, 그리고 제 3 질량부에 둘러싸인 제 1 질량부는 Y축방향으로 변위하지 않도록 유지될 수 있다. 따라서, 제 3 질량부는 지지빔의 편향 등이 Y축방향으로의 변위로 바뀌어 제 1 질량부에 전해지는 것을 차단할 수 있다.

바람직하게는, 고정부는 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 질량부가 서로 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 상기 지지빔의 부위를 상기 기관에 접속한다.

따라서, 고정부는 제 1, 제 2, 제 3 질량부와 지지빔이 진동할 때의 노드에 대응하는 지지빔의 부위를 기관에 고정한다. 따라서, 각 질량부의 진동이 지지빔을 통하여 기관측에 전해지는 것을 막을 수 있다.

또한, 질량부는 Y축방향으로 중앙에 위치하는 제 1 질량부와, 제 1 질량부의 Y축방향의 양측에 위치하는 제 2, 제 3 질량부를 포함하며, 제 1, 제 2 질량부는 Y축방향으로 변위가능한 제 1, 제 2 질량부 지지빔을 통하여 상기 지지빔에 각각 연결된다.

따라서, 제 1, 제 2 질량부는 지지빔을 통하여 X축방향으로 진동할 수 있다. 이 상태에서 제 1 질량부는 제 1 질량부 지지빔에 의하여 외력에 상응하여 Y축방향으로 변위할 수 있다. 외력 검출기는 각속도 또는 가속도를 검출할 수 있다.

본 발명의 제 3 양태에 따르면, 기관과, 상기 기관으로부터 이격되어 기관과 대향하며, X축, Y축 및 Z축 방향의 3개의 직교하는 축방향중에서 X축방향으로 진동할 수 있는 제 1 질량부와, 상기 제 1 질량부를 사이에 두고 상기 제 1 질량부의 Y축방향의 양측에 형성되며 X축방향으로 진동할 수 있는 제 2 질량부와, 상기 제 1 질량부와 제 2 질량부 사이에 위치하여 상기 제 1 질량부를 둘러싸는 제 3 질량부와, 상기 제 2 질량부를 둘러싸는 제 4 질량부와, 상기 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 질량부를 진동시키기 위한 진동발생기와, 상기 제 4 질량부를 서로 X축방향으로 변위가능하게 연결하는 지지빔과, 상기 지지빔에 대하여 상기 제 3 질량부를 연결하는 연결부와, 상기 제 3 질량부에 상기 제 1 질량부를 Y축방향으로 변위가능하게 연결하는 제 1 질량부 지지빔과, 상기 제 4 질량부에 제 2 질량부를 Y축방향으로 변위가능하게 연결하는 제 2 질량부 지지빔과, 상기 기관과 상기 지지빔 사이에 형성되며 또한 상기 지지빔을 상기 기관에 접속하는 고정부와, 상기 제 1 및 제 2 질량부에 각속도 또는 가속도가 작용할 때에 상기 제 1 및 제 2 질량부의 Y축방향으로의 변위량을 검출하는 외력 검출기를 포함하며, 상기 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 및 제 4 질량부는 서로 역위상으로 진동하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치가 제공된다.

따라서, 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 질량부는 지지빔을 통하여 X축방향으로 진동할 수 있다. 이 상태에서 제 1, 제 2 질량부는 제 1, 제 2 질량부 지지빔에 의하여 외력에 상응하여 Y축방향으로 변위할 수 있다. 또한, 제 3 질량부는 지지빔의 편향 등이 제 1 질량부에 전해지는 것을 차단할 수 있다. 제 4 질량부는 지지빔의 편향 등이 제 2 질량부에 전해지는 것을 차단할 수 있다.

따라서, 고정부는 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 질량부가 진동할 때의 노드에 대응하는 지지빔의 부위를 기관에 연결할 수 있다. 따라서, 각 질량부의 진동이 지지빔을 통하여 기관측에 전해지는 것을 억제할 수 있다.

게다가, 외력 검출수단은 적어도 각 질량부에 가해지는 각속도를 가속도로부터 분리하여 검출하기 위하여, 질량부가 역위상으로 진동하면서 Y축방향으로 변위할 때의 각 질량부의 변위량을 합성하여 검출한다.

따라서, 예를 들면 역위상으로 진동하는 2개의 질량부는 각속도가 가해질 때에 코리올리힘에 의하여 서로 역방향으로 변위하고, 가속도가 가해질 때에는 관성력에 의하여 동일한 방향으로 변위한다. 따라서, 예를 들면 각 질량부의 변위량을 감산함으로써, 이를 변위량중에서 동일한 방향으로 변위한 성분(가속도 성분)을 상쇄하여 제거할 수 있다. 따라서, 적어도 각속도를 가속도로부터 분리하여 검출할 수 있다.

바람직하게는, 외력 검출기는 상기 제 1 질량부와 제 2 질량부 사이에 위치하며 또한 상기 기판에 형성된 고정축 검출전극과, 상기 제 1 질량부에 형성되며 또한 Y축방향으로 상기 고정축 검출전극과 이격되어 대향하는 제 1 가동축 검출전극과, 상기 제 2 질량부에 형성되며 또한 Y축방향으로 상기 고정축 검출전극과 이격되어 대향하는 제 2 가동축 검출전극을 포함하며, 상기 외력 검출기는 상기 고정축 검출전극에 대한 상기 제 1 및 제 2 가동축 검출전극의 변위량을 정전용량의 변화로서 병렬로 검출한다.

따라서, 제 1, 제 2 질량부가 역위상으로 진동하고 있는 상태에서 각 질량부에 가속도가 가해질 때에는, 이들 질량부가 코리올리힘에 의하여 서로 역방향으로 변위한다. 이 결과, 예를 들면 제 1, 제 2 가동축 검출전극의 양자를 고정축 검출전극 근방에 위치시킬 수 있으며, 고정축 검출전극과 가동축 검출전극 사이의 정전용량을 가속도에 상응하여 증대시킬 수 있다. 또한, 제 1, 제 2 질량부에 가속도가 가해질 때에는, 이들 질량부가 동방향으로 변위한다. 따라서, 제 1, 제 2 가동축 검출전극중에서 하나를 고정축 검출전극 근방에 위치시키고, 다른 하나를 고정축 검출전극으로부터 더욱 격리시킬 수 있다. 따라서, 가속도에 의한 검출전극간의 정전용량의 변화를 상세할 수 있다.

바람직하게는, 외력 검출기는 서로 역위상으로 진동하는 상기 제 1 및 제 2 질량부중의 하나인 제 1 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 변위량을 검출하는 제 1 변위량 검출부와, 상기 제 2 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 변위량을 검출하는 제 2 변위량 검출부와, 상기 제 1 및 제 2 변위량 검출부에 의하여 검출한 변위량을 사용하여 가속도와 가속도를 개별적으로 연산하는 외력 연산부를 포함한다.

따라서, 제 1, 제 2 변위량 검출부는 역위상으로 진동하는 제 1, 제 2 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 변위량을 검출할 수 있다. 가속도와 가속도의 양자가 가해지면, 이들 2개의 검출값에는 가속도에 상응하여 역방향으로 변위한 제 1, 제 2 질량부의 가속도 성분과, 가속도에 상응하여 동일방향으로 변위한 제 1, 제 2 질량부의 가속도 성분이 포함된다. 따라서, 외력 연산부에서는 이들 2개의 검출값을 가산 또는 감산함으로써 가속도와 가속도를 개별적으로 연산할 수 있다.

바람직하게는, 외력 검출기는 상기 기판상에 고정하여 형성되며 복수의 전극이 인터디지털패턴으로 형성된 고정축 검출전극과, 상기 질량부에 형성되며 또한 상기 각 고정축 검출전극의 복수의 전극으로부터 Y축방향으로 스페이스를 두어 마격하여 인터디지털결합하는 복수의 전극판을 갖는 가동축 검출전극을 포함하며, 상기 외력 검출기는 상기 고정축 검출전극과 가동축 검출전극 사이의 정전용량의 변화를 상기 질량부의 변위량으로서 검출한다.

따라서, 고정축 검출전극과 가동축 검출전극의 전극부를 서로 인터디지털결합시켜서, 대향하는 검출전극 사이에 큰 면적을 제공할 수 있다. 질량부가 외력에 의하여 Y축방향으로 변위할 때에는, 그 변위량을 각 검출전극간의 거리(정전용량)의 변화로서 검출할 수 있다.

본 발명의 다른 특징 및 이점은 첨부 도면을 참조한 이하의 본 발명의 상세한 설명으로부터 자명해질 것이다.

(발명의 실시형태)

이하, 본 발명의 실시형태에 따른 외력 측정장치를, 첨부 도면을 참조하면서 상세히 설명하겠다.

도 1 내지 도 4는 본 발명의 제 1 실시형태를 나타낸다. 본 실시형태에서는, 외력 측정장치로서 가속도 센서를 예로 들어 설명하겠다.

도 1 내지 도 4에 있어서, 본 실시형태에 따른 가속도 센서(1) 및 상기 가속도 센서(1)의 본체를 구성하는 기판(2)이 도시되어 있다. 상기 기판(2)은 예를 들면 고저항의 실리콘 재료, 유리 재료 등에 의하여 사각형상으로 형성되어 있다.

도 1 내지 도 3에 나타난 바와 같이, 예를 들면 저저항을 갖는 단결정 또는 다결정 실리콘 재료를 기판(2)상에 형성하여 예칭 등의 미세가공을 실시함으로써, 중앙 질량부(3), 외측 질량부(4), 지지빔(5), 고정부(6), 구동전극(8, 9) 및 검출전극(11, 12)이 형성되어 있다.

기판(2)의 중앙 근방에 제 1 질량부로서의 중앙 질량부(3)가 배치되고, 상기 중앙 질량부(3)는 사각형의 평판형상으로 형성되어 있다. 중앙 질량부(3)는 각 지지빔(5)을 통하여 외측 질량부(4)에 연결된다. 이들 질량부(3, 4)는 지지빔(5)에 의하여 X축방향(진동방향) 및 Y축방향(검출방향)으로 변위가능하게 지지됨과 아울러, 기판(2)과 평행한 평면내에서 Y축방향을 따라서 거의 직선형상으로 배치되어 있다.

중앙 질량부(3)의 Y축방향의 양측에는 제 2 질량부로서의 외측 질량부(4, 4)가 배치된다. 외측 질량부(4)는 각각 예를 들면 사각형의 평판형상으로 형성되어 있다. 각 외측 질량부(4)는 지지빔(5)의 양단에 고정되며, 중앙 질량부(3)에 대하여 X축방향으로 변위가능하다.

예를 들면 4개의 지지빔(5, 5)은 중앙 질량부(3)와 외측 질량부(4)를 X축방향으로 변위가능하게 연결한다. 지지빔(5)은 직선형상으로 형성되며 거의 동일한 길이를 가지며, X축방향 및 Y축방향으로 편향 가능하다. 또한, 지지빔(5)은 중앙 질량부(3)의 양측에 2개씩 배치되며, 외측 질량부(4)를 향하여 Y축방향으로 연결되어 있다.

가속도 센서(1)의 작동시에는 도 4에 나타난 바와 같이, 중앙 질량부(3)와 외측 질량부(4)가 거의 역위상으로 X축방향으로 진동한다. 이 경우, 지지빔(5)의 길이방향 중간 부위에는 노드(5A)가 배치된다. 노드(5A)는 질량부(3, 4)가 역위상으로 일정하게 진동하고 있는 상태에서 질량부(3, 4)의 진동이 상쇄되므로, 거의 일정한 위치로 유지된다.

예를 들면 4개의 고정부(6, 6)는 지지빔(5)의 노드(5A)를 기판(2)에 접속한다. 도 1 내지 도 3에 나타난 바와 같이, 고정부(6)는 각 지지빔(5)의 X축방향으로의 좌우 양측에 2개씩 배치되며, 구동전극을 지지부(7)를 사이에 두고 Y축방향으로 서로 이격되어 있다. 고정부(6)는 각각 기판(2)에 고정된 시트(6A)와, 상기 시트(6A)로부터 인접하는 지지빔(5)을 향하여 X축방향으로 돌출하고, 기판(2)으로부터 이격배치된 암(6B)을 포함한다.

암(6B)의 돌출 선단이 각각 지지빔(5)의 노드(5A)에 연결된다. 고정부(6)와 지지빔(5)은 협동하여 절량부(3, 4)를 X축방향 및 Z축방향으로 변위가능하게 지지하고 있다. 중앙 절량부(3)와 외측 절량부(4)가 역위상으로 진동할 때에는, 절량부(3, 4)의 진동이 지지빔(5)의 노드(5A)에서 상쇄된다. 따라서, 고정부(6)는 절량부(3, 4)의 진동이 기관(2)에 전해지는 것을 억제한다.

기관(2)상에 형성된 구동전극중 지지부(7, 7)는 중앙 절량부(3)의 X축방향으로의 좌우 양측에 배치되어 있다.

구동전극중 지지부(7)에 형성된 고정축 구동전극(8, 8)은 지지부(7)로부터 X축방향으로 돌출하고, Y축방향으로 간격을 가지고 인터디지털패턴으로 배치된 복수의 전극판(8A, 8A...)을 가지고 있다.

각 고정축 구동전극(8)에 대응하여 중앙 절량부(3)에 형성된 가동축 구동전극(9, 9)은 중앙 절량부(3)로부터 X축방향으로 인터디지털패턴을 이루며 돌출하고, 고정축 구동전극(8)의 각 전극판(8A)과 인터디지털 결합하는 복수의 전극판(9A, 9A...)을 가지고 있다.

기관(2)과 중앙 절량부(3) 사이에 형성된 진동발생기로서의 진동발생부(10, 10)는 각각 고정축 구동전극(8)과 가동축 구동전극(9)을 포함한다. 진동발생부(10)에서는, 이들 구동전극(8, 9)사이에 교류의 구동신호를 직류바이머스전압과 함께 인가함으로써, 전극판(8A, 9A)사이에 정전인력(electrostatic attraction)을 변화시켜 발생한다. 따라서, 중앙 절량부(3)가 도 1중의 화살표 a1, a2방향으로 진동한다.

기관(2)상에 형성된 고정축 검출전극(11)은 도 1 내지 도 3에 나타난 바와 같이, 중앙 절량부(3)에 면하도록 배치되어 있다.

중앙 절량부(3)의 미면측에 가동축 검출전극(12)이 형성되며, 가동축 검출전극(12)은 고정축 검출전극(11)과 Z축방향으로 스페이스를 두어 대향한다.

고정축 검출전극(11)과 가동축 검출전극(12)은 각속도 검출부(13)로서 기능하는 평행판판캐패시터를 구성한다. 중앙 절량부(3)가 Y축에 관한 각속도에 따라서 Z축방향으로 변위할 때, 검출부(13)는 이 각속도를 검출전극(11, 12)사이의 정전용량의 변화로서 검출한다.

다음으로, 각속도 센서(1)의 동작에 대하여 설명하겠다.

먼저, 좌우측에 위치한 진동발생부(10)에, 역위상을 갖는 교류의 구동신호를 직류바이머스전압과 함께 인가한다. 좌우측의 고정축 구동전극(8)과 가동축 구동전극(9)사이에는, 정전인력이 번갈아 발생한다. 지지빔(5)이 편향되며, 중앙 절량부(3)는 도 1중의 화살표 a1, a2방향으로 진동한다.

상기 진동상태에서 각속도 센서(1)에 Y축에 관한 각속도 ω 가 가해지면, 하기 수학적 1에 나타난 코리올리 힘 F_c 가 Z축방향으로 작용한다. 따라서, 지지빔(5)이 편향되며, 중앙 절량부(3)는 코리올리 힘 F_c 에 의하여 Z축방향으로 변위한다.

$$F_c = 2M\omega v$$

단, M: 중앙 절량부(3)의 질량

v: Y축에 관한 각속도

v: 중앙 절량부(3)의 X축방향 속도

또한, 중앙 절량부(3)가 Z축방향으로 변위할 때에는, 그 변위량에 상응하여 각속도 검출부(13)의 검출전극(11, 12)간의 값(정전용량)이 변화한다. 따라서, 각속도 검출부(13)는 이 정전용량의 변화를 각속도 ω 로서 검출하고, 각속도 ω 에 상응하는 검출신호를 출력한다.

절량부(3, 4)의 진동상태에 대하여 설명하면, 예를 들면 중앙 절량부(3)가 도 4중에 실선으로 나타난 바와 같이, 화살표 a1방향으로 변위(진동)할 때에는, 지지빔(5)이 X축방향으로 편향된다. 따라서 중앙 절량부(3)의 진동이 지지빔(5)을 통하여 외측 절량부(4)에 전해져서, 외측 절량부(4)는 화살표 a2방향으로 변위한다. 또한, 중앙 절량부(3)가 화살표 a2방향으로 변위할 때에는, 도 4중에 가상선으로 나타난 바와 같이 지지빔(5)이 반대방향으로 편향된다. 따라서, 외측 절량부(4)는 화살표 a1방향으로 변위한다.

이 결과, 중앙 절량부(3)와 외측 절량부(4)는 위상이 약 180도 반전된 역위상으로 공진상태로 진동한다. 이 공진 상태에서 지지빔(5)이 편향될 때에는, 진동의 노드에 대응하는 노드(5A)가 거의 일정한 위치를 유지하게 된다. 이 때문에, 절량부(3, 4)의 진동이 지지빔(5)과 고정부(6)를 통하여 기관(2)에 전해지는 일은 거의 없다.

본 실시형태에 따르면, 중앙 절량부(3)와 외측 절량부(4)를 지지빔(5)에 의하여 X축방향으로 변위가능하게 연결하고, 지지빔(5)의 노드(5A)를 고정부(6)에 의하여 기관(2)에 접속한다. 따라서, 절량부(3, 4)가 기관(2)상에서 진동할 때에는, 인접하는 중앙 절량부(3)와 외측 절량부(4)를 거의 역위상으로 진동시킬 수 있다. 그리고, 각 지지빔(5)의 중간에는, 지지빔(5)이 절량부(3, 4)와 함께 진동할 때에 지지빔(5)이 거의 일정한 위치를 유지할 수 있는 노드(5A)를 배치할 수 있다. 이 노드(5A)의 위치에서는, 절량부(3, 4)의 진동을 서로 상쇄할 수 있다.

본 실시형태에서는, 중앙 절량부(3)와 외측 절량부(4)를 Y축방향으로 거의 직선형상으로 배치한다. 예를 들면 중앙 절량부(3)를 X축방향으로 진동시킴으로써, 이 진동을 지지빔(5)을 통하여 외측 절량부(4)에 효율성있게 전달할 수 있으며, 간단한 구조에 의하여 절량부(3, 4)를 역위상으로 진동시킬 수 있다. 또한, 중앙 절량부(3)를 사이에두고 한쌍의 외측 절량부(4)를 대칭적으로 배치함으로써, 절량부(3, 4) 전체적으로 진동상태를 안정화시킬 수 있다.

고정부(6)는 지지빔(5)의 노드(5A)를 통하여 중앙 절량부(3)와 외측 절량부(4)를 지지하고 있으므로, 절량부(3, 4)의 진동이 기관(2)에 전해지는 것을 확실히 억제할 수 있으며, 진동발생부(10)로부터 절량부

(3, 4)에 가해지는 진동 에너지를 기관(2)측에 방사하지 않고, 질량부(3, 4)를 소정의 진폭, 진동속도 등으로 효율성있게 진동시킬 수 있다. 이 결과, 각속도 ω 에 상응하여, 질량부(3, 4)를 소정의 변위량만큼 확실하게 변위시킬 수 있다. 따라서, 센서의 검출감도를 안정시킬 수 있다.

또한, 각속도가 가해지지 않을 때에는, 질량부(3, 4)의 진동이 기관(2)에 전해져서 기관(2)이 진동하고, 이로 인해, 질량부(3, 4)가 Z축방향으로 진동하는 것을 방지할 수 있으며, 센서의 검출정밀도 및 신뢰성을 높일 수 있다.

다음으로, 도 5 및 도 6은 본 발명의 제 2 실시형태를 나타낸다. 본 실시형태의 특징은 Z축에 관한 각속도를 검출하는 각속도 센서를 구성하는데 있다. 본 실시형태에서는 상기 제 1 실시형태와 동일한 구성요소에 동일한 참조부호를 붙이고, 그 설명을 생략하기로 한다.

참조번호 21은 본 실시형태에 따른, 각속도 센서를 나타낸다. 상기 각속도 센서(21)의 기관(22)상에는 예를 들면, 저저항의 실리콘 재료 등을 사용하여 중앙 질량부(23), 외측 질량부(24), 지지빔(25), 질량부 지지빔(26), 고정부(27), 구동전극(29, 30), 검출전극(33, 34)이 형성되어 있다.

기관(22)의 중앙 근방에 배치된 제 1 질량부로서의 중앙 질량부(23)는, 지지빔(25)과 질량부 지지빔(26)을 통하여 외측 질량부(24)에 연결된다. 이들 질량부(23, 24)는 지지빔(25)에 의하여 X축방향(진동방향)으로 변위가능하게 지지되어 있다. 또한, 중앙 질량부(23)는 질량부 지지빔(26)에 의하여 Y축방향(검출방향)으로 변위가능하게 지지되어 있다.

중앙 질량부(23)의 Y축방향 양측에는 제 2 질량부로서의 외측 질량부(24, 24)가 배치되고, 상기 각 외측 질량부(24)는 각 지지빔(25)의 일단에 고정되며, 중앙 질량부(23)에 대하여 X축방향으로 변위가능하다. 또한, 이들 질량부(23, 24)는 도 5 및 도 6에 나타난 바와 같이 기관(22)과 평행한 평면내에서 Y축방향으로 거의 직선형상으로 배치되어 있다.

예를 들면, 2개의 지지빔(25, 25)은 각 외측 질량부(24)를 X축방향으로 변위가능하게 서로 연결한다. 상기 각 지지빔(25)은 거의 동일한 길이를 가지고, 직선형상으로 형성되며, X축방향으로 편향가능하다. 지지빔(25)은 중앙 질량부(23)의 좌우 양측에 배치되며, Y축방향으로 연장되어 있다.

각속도 센서(21)의 동작시에는, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 중앙 질량부(23)와 외측 질량부(24)가 지지빔(25) 등을 통하여 역위상으로 X축방향으로 진동한다. 그리고 지지빔(25)의 길이방향 중간에는 거의 일정한 위치를 유지하는 노드(25A, 25A)가 배치된다.

예를 들면, 2개의 질량부 지지빔(26, 26)은 Y축방향으로 편향가능하게 형성되며, 상기 각 질량부 지지빔(26)은 X축방향으로 연장된 직선형상을 가지며, 중앙 질량부(23)의 좌우 양측과 지지빔(25)의 길이방향 중간부를 각각 연결하고 있다. 또한, 질량부 지지빔(26)은 중앙 질량부(23)를 각 지지빔(25)사이에서 Y축방향으로 변위가능하게 지지하고, 중앙 질량부(23)가 지지빔(25)의 중간부위에 대하여 X축방향으로 변위하는 것을 규제하고 있다.

예를 들면, 4개의 고정부(27, 27...)는 지지빔(25)의 노드(25A)를 기관(22)에 접속한다. 고정부(27)는 제 1 실시형태와 마찬가지로, 지지빔(25)의 좌우 양측에 2개씩 배치되며, Y축방향으로 이격되어 있다.

각 고정부(27)는 기관(22)상에 고정된 시트(27A)와, 상기 시트(27A)로부터 지지빔(25)을 통하여 돌출하고, 기관(22)으로부터 이격하여 배치된 암(27B)을 포함한다. 암(27B)의 돌출단은 각각 지지빔(25)의 노드(25A)에 연결되어 있다. 이에 따라서, 고정부(27)는 질량부(23, 24)의 진동이 기관(22)에 전해지는 것을 억제한다.

게다가, 기관(22)상에 형성된 구동전극을 지지부(28, 28)는 외측 질량부(24)의 Y축방향 양측에 배치되어 있다.

각 구동전극을 지지부(28)에 형성된 고정측 구동전극(29, 29)은 지지부(28)로부터 외측 질량부(24)를 향하여 돌출한다. 각 고정측 구동전극은 X축방향으로 L자형상을 이루며 굴곡된 복수의 전극판(29A, 29A...)을 갖는다. 상기 각 전극판(29A)은 X축방향으로 간격을 가지고 인터디지털패턴으로 배치되어 있다.

각 고정측 구동전극(29)에 대응하여 각 외측 질량부(24)에 가동측 구동전극(30, 30)이 형성되고, 상기 각 가동측 구동전극(30)은 외측 질량부(24)로부터 인터디지털패턴으로 돌출하고 또한 고정측 구동전극(29)의 각 전극판(29A)과 인터디지털결합하는 복수의 전극판(30A, 30A...)을 가지고 있다.

기관(22)과 외측 질량부(24) 사이에는 진동발생부로서의 진동발생부(31, 31)가 형성된다. 상기 각 진동발생부(31)는 제 1 실시형태와 마찬가지로, 고정측 구동전극(29)과 가동측 구동전극(30)을 포함하며, 질량부(23, 24)를 도 5중의 화살표 $a1$, $a2$ 방향으로 진동시킨다.

기관(22)상에 형성된 검출전극을 지지부(32, 32)는 각각 중앙 질량부(23)의 Y축방향 양측에 배치되어 있다.

각 검출전극을 지지부(32)에 형성된 고정측 검출전극(33, 33)은 예를 들면 대략 F자형상으로 형성되며, X축방향으로 돌출하여 인터디지털패턴으로 배치된 복수의 전극판(33A, 33A...)을 가지고 있다.

각 고정측 검출전극(33)에 대응하여 중앙 질량부(23)에 형성된 가동측 검출전극(34, 34)은 인터디지털패턴으로 배치된 복수의 전극판(34A, 34A...)을 갖는다. 전극판(34A)은 Y축방향으로 스페이스를 두어 고정측 검출전극(33)의 각 전극판(33A)과 인터디지털결합된다.

기관(22)과 중앙 질량부(23)사이에 형성된 외측 검출부로서의 각속도 검출부(35)는, 고정측 검출전극(33)과 가동측 검출전극(34)을 포함하는 평행판 커패시터를 구성한다. 중앙 질량부(23)가 Z축에 관한 각속도에 상응하는 코리올리힘에 의하여 Y축방향으로 변위할 때에는, 검출부(35)는 이 각속도를 검출전극(33, 34)간의 정전용량의 변화로서 검출한다.

본 실시형태의 각속도 센서(21)의 작동시에는, 각 진동 발생부(31)에 교류의 구동신호를 직류바이어스전

압과 함께 인가하면, 외측 질량부(24)는 도 5종의 화살표 a1, a2방향으로 진동한다. 그리고, 지지빔(25)이 X축방향으로 편향되고, 외측 질량부(24)의 진동이 지지빔(25)과 질량부 지지빔(26)을 통하여 중앙 질량부(23)에 전해진다. 따라서, 중앙 질량부(23)는 외측 질량부(24)와 역위상으로 화살표 a1, a2방향으로 진동한다.

각속도 센서(21)에 Z축에 관한 각속도 Ω 가 가해지면, 질량부 지지빔(26)이 편향되고, 이에 따라서 중앙 질량부(23)는 코리올리 힘 F에 상응하여 Y축방향으로 변위한다. 그 결과, 각속도 검출부(35)의 정전용량이 변화한다. 이 정전용량의 변화가 각속도 Ω 로서 검출된다.

고정부(27)는 지지빔(25)의 노드(25A)를 지지하고 있기 때문에, 질량부(23, 24)의 진동이 기관(22)에 전해지는 것을 억제한다.

따라서, 본 실시형태에서도, 제 1 실시형태에 상당하는 효과를 얻을 수 있다. 특히 본 실시형태에서는, 중앙 질량부(23)를 질량부 지지빔(26)에 의하여 지지빔(25)에 연결한다. 각속도 Ω 가 가해지지 않을 때에는, 지지빔(25)이 편향됨으로써 질량부(23, 24)가 X축방향으로만 진동하고 질량부 지지빔(26)은 Y축방향으로 편향되지 않는 상태를 유지할 수 있다. 따라서, 중앙 질량부(23)의 Y축방향으로의 변위를 방지하면서, 중앙 질량부(23)를 X축방향으로 진동시킬 수 있으며 검출정밀도를 높일 수 있다.

또한, 가동축 구동전극(30)을 외측 질량부(24)에 형성하였으므로, 가동축 검출전극(34)이 형성된 중앙 질량부(23)의 구조를 간략화할 수 있다.

다음으로, 도 7 및 도 8은 본 발명의 제 3 실시형태를 나타낸다. 본 실시형태의 특징은 제 1, 제 2 질량부 사이에 제 3 질량부를 형성하는 것에 있다. 본 실시형태에서는, 제 1 실시형태와 동일한 구성요소에 동일한 부호를 붙이고, 그 설명을 생략하기로 한다.

도 7 및 도 8에 본 실시형태에 따른 각속도 센서(41) 및 상기 각속도 센서(41)의 기관(42)이 도시되어 있다. 상기 기관(42)상에는, 중앙 질량부(43), 외측 질량부(44), 프레임형상 질량부(45), 지지빔(46), 연결부(47), 질량부 지지빔(48), 고정부(49), 구동전극(51, 52), 검출전극(55, 56)이 형성되어 있다.

기관(42)의 중앙 근방에 배치된 제 1 질량부로서의 중앙 질량부는, 서로 대향하여 Y축방향으로 연장된 질량프레임부(43A, 43A')와, 상기 각 질량프레임부(43A)의 양단을 연결하는 종프레임부(43B, 43B')와, 질량프레임부(43A)사이에 위치하는 종간프레임부(43C)를 포함한다.

중앙 질량부(43)는 지지빔(46), 연결부(47) 및 질량부 지지빔(48)을 통하여 외측 질량부(44)와 프레임형상 질량부(45)에 연결된다. 이들 질량부(43, 44, 45)는 지지빔(46)에 의하여 X축방향(진동방향)으로 변위 가능하게 지지됨과 아울러, 기관(42)과 평행한 평면내에서 Y축방향을 따라서 거의 직선형상으로 나란히 배치되어 있다. 또한, 중앙 질량부(43)는 질량부 지지빔(48)에 의하여 Y축방향(검출방향)으로 변위 가능하게 지지되어 있다.

외측 질량부(44, 44')는 중앙 질량부(43)의 Y축방향 양측에 배치되며, 또한 각 지지빔(46)의 양단측에 고정되며, 중앙 질량부(43) 및 프레임형상 질량부(45)에 대하여 X축방향으로 변위가능하다.

제 3 질량부로서의 프레임형상 질량부(45)는 중앙 질량부(43)와 각 외측 질량부(44) 사이에 배치되며, 또한 중앙 질량부(43)를 둘러싸는 사각형의 프레임형상 질량부로 형성된다. 프레임형상 질량부(45)는 서로 대향하여 X축방향으로 연장된 질량프레임부(45A, 45A')와, 상기 각 질량프레임부(45A)의 양단을 연결하여 Y축방향으로 연장된 종프레임부(45B, 45B')를 포함하며, 직사각형형상을 이루고 있다. 프레임형상 질량부(45)의 내측부위가 질량부 지지빔(48)을 통하여 중앙 질량부(43)와 연결된다. 프레임형상 질량부(45)의 외측 부위가 연결부(47)를 통하여 지지빔(46)과 연결되어 있다.

예를 들면 2개의 지지빔(46, 46')은 외측 질량부(44)를 X축방향으로 변위가능하게 서로 연결한다. 상기 각 지지빔(46)은 거의 동등한 길이를 가지고 직선형상으로 형성되며, X축방향으로 편향가능하다. 또한, 지지빔(46)은 프레임형상 질량부(45)의 좌우 양측에 배치되며, Y축방향으로 연장되어 있다.

각속도 센서(41)의 작동시에는, 중앙 질량부(43)(프레임형상 질량부(45))와 외측 질량부(44)가 지지빔(46)을 통하여 거의 역위상으로 X축방향으로 진동한다. 지지빔(46)의 길이방향 중앙부위에는 거의 일정한 위치를 유지하는 노드(46A, 46A')가 배치된다.

상기 각 연결부(47)는 높은 강성을 갖도록 형성되며, 프레임형상 질량부(45)가 지지빔(46)에 대하여 Y축방향으로 변위하는 것을 규제하고 있다.

예를 들면 4개의 질량부 지지빔(48, 48, ...)은 중앙 질량부(43)와 프레임형상 질량부(45)를 연결한다. 상기 각 질량부 지지빔(48)의 일단이 중앙 질량부(43)의 4개의 모서리에 연결되며, 타단이 X축방향으로 연장되어 질량프레임부(45A)에 각각 연결되며, Y축방향으로 편향가능하다. 질량부 지지빔(48)은 중앙 질량부(43)를 Y축방향으로 변위가능하게 지지하고, 중앙 질량부(43)가 프레임형상 질량부(45)내에서 X축방향으로 변위하는 것을 규제하고 있다.

각 고정부(49)는 지지빔(46)의 노드(46A)를 기관(42)에 접촉하며, 상기 질량부(43, 44, 45)를 둘러싸는 사각형의 프레임본체에 의하여 형성되며 기관(42)에 고정된 각 시트(49A, 49A')와, 기관(42)으로부터 이격하여 배치된 예를 들면 4개의 암(49B, 49B, ...)을 포함한다.

암(49B)은 각 지지빔(46)의 좌우 양측에 2개씩 배치되며, Y축방향으로 서로 이격되어 있다. 또한, 암(49B)의 돌출단은 제 1 실시형태와 마찬가지로 지지빔(46)의 노드(46A)에 연결되며, 이에 따라서 고정부(49)는 질량부(43, 44, 45)의 진동이 기관(42)에 전해지는 것을 억제한다.

또한, 예를 들면 4개의 구동전극용 지지부(50, 50, ...)는 기관(42)상에 고정적으로 형성된다. 상기 구동전극용 지지부(50)는 Y축방향으로 외측 질량부(44)를 사이에두고 양측에 2개씩 배치되어 있다.

고정축 구동전극(51, 51, ...)은 각 구동전극용 지지부(50)에 각각 형성되며, X축방향으로 돌출하고 Y축방향으로 간격을 가지고 인터디지털패턴으로 배치된 복수의 전극판(51A, 51A...)을 가지고 있다.

가동측 구동전극(52, 52', ...)은 고정측 구동전극(51)에 대응하여 외측 질량부(44)에 형성된다. 상기 각 가동측 구동전극(52)은 X축방향으로 인터디지털패턴을 이루어 돌출하고, 각 고정측 구동전극(51)의 전극판(51A)에 인터디지털결합하는 복수의 전극판(52A, 52A')을 가지고 있다.

진동발생부(52, 53, ...)는 기관(42)과 외측 질량부(44) 사이에 형성된다. 상기 각 진동발생부(53)는 고정측 구동전극(51)과 가동측 구동전극(52)을 포함하며, 전극판(51A, 52A)사이에서 정전인력을 발생함으로써, 외측 질량부(44)를 두 7중의 화살표 a1, a2방향으로 진동시킨다.

2개의 검출전극용 지지부(54, 54')는 중앙 질량부(43)의 내측에 위치하여 기관(42)상에 형성된다.

복수의 고정측 검출전극(55, 55', ...)은 각 검출전극용 지지부(54)에 형성된다. 상기 각 고정측 검출전극(55)은 X축방향으로 돌출하고 또한 Y축방향의 간격을 가지고 인터디지털패턴으로 배치된 복수의 전극판(55A, 55A')을 가지고 있다.

복수의 가동측 검출전극(56, 56', ...)은 각 고정측 검출전극(55)에 대응하여 중앙 질량부(43)에 형성된다. 상기 각 가동측 검출전극(56)은 X축방향으로 인터디지털패턴을 이루어 돌출하고 또한 고정측 검출전극(55)의 복수의 전극판(55A, 55A')에 대하여 Y축방향으로 스페이스를 두어 인터디지털결합하는 복수의 전극판(56A, 56A', ...)을 가지고 있다.

외력 검출기로서의 각속도 검출부(57, 57')는 기관(42)과 중앙 질량부(43)사이에서 형성된다. 상기 각속도 검출부(57)는 고정측 검출전극(55)과 가동측 검출전극(56)을 포함한다. 각속도 검출부(57)는 프레임형상 질량부(45)가 Z축에 관한 각속도 ω 에 의하여 Y축방향으로 변위할 때에, 전극판(55A, 56A)간의 정전용량이 변화하는 평행평판 커패시터를 형성하고 있다.

본 실시형태에 따른 각속도 센서(41)의 작동에 대하여 설명한다.

먼저, 각 진동발생부(53)에 교류의 구동신호를 적류비이머스전압과 함께 인가하면, 외측 질량부(44)는 두 8중의 화살표 a1, a2방향으로 진동한다. 그리고, 지지빔(46)이 X축방향으로 편향되고, 외측 질량부(44)의 진동이 프레임형상 질량부(45)에 전해진다. 이에 따라서, 프레임형상 질량부(45)는 중앙 질량부(43)와 일체가 되어 외측 질량부(44)에 대하여 역위상으로 화살표 a1, a2방향으로 진동한다.

각속도 센서에 Z축주위의 각속도 ω 가 가해지면, 질량부 지지빔(48)이 편향되고, 이에 따라서 중앙 질량부(43)가 프레임형상 질량부(45)내에서 코리올리 힘에 상응하여 Y축방향으로 변위한다. 이 결과, 각속도 검출부(57)의 정전용량이 변화한다. 이 정전용량의 변화가 각속도 ω 로서 검출된다.

또한, 고정부(49)의 각 암(49B)은 지지빔(46)의 노드(46A)를 지지하고 있기 때문에, 질량부(43, 44, 45)의 진동이 기관(42)에 전해지는 것을 억제한다.

따라서, 미와 같이 구성되는 본 실시형태에서도, 상기 제 1 실시형태와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다. 특히 본 실시형태의 구성에서는, 중앙 질량부(43)와 외측 질량부(44) 사이에 프레임형상 질량부(45)를 형성한다. 따라서, 각속도 ω 가 가해지지 않을 때에는, 중앙 질량부(43)는 프레임형상 질량부(45)내에서 X축방향으로만 진동할 수 있다.

따라서, 프레임형상 질량부(45)는 지지빔(46)의 편향에 Y축방향으로의 변위가 되어 중앙 질량부(43)에 전해지는 것을 막을 수 있다. 따라서, 검출정밀도를 더욱 향상시킬 수 있다.

다음으로, 도 9는 본 발명의 제 4 실시형태를 나타낸다. 본 실시형태의 특징은 고정부에 포크형상의 암을 형성하는 것에 있다. 본 실시형태에서는 상기 제 3 실시형태와 동일한 구성요소에 동일한 부호를 붙이고, 그 설명을 생략하기로 한다.

고정부(61)는 지지빔(46)의 각 노드(46A)를 기관(42)에 접속한다. 상기 고정부(61)는 제 3 실시형태와 마찬가지로, 기관(42)상에 고정된 프레임형상의 시트(61A)와, 상기 시트(61A)의 내측부위에 형성된 암(61B)을 포함한다.

암(61B)은 기단측이 시트(61A)의 일부위에서 고정되고 그 선단측이 대략 T자형상으로 분기된 분기부(61B1)와, 상기 분기부(61B1)의 선단측에서 X축방향으로 돌출하고, 지지빔(46)의 노드(46A)를 지지하는 지지돌부(61B2, 61B2')를 포함한다. 이들 분기부(61B1)와 지지돌부(61B2)는 기관(42)으로부터 이격되어 있다.

따라서, 미와 같이 구성되는 본 실시형태에서도, 제 3 실시형태와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다. 특히 본 실시형태에서는 고정부(61)의 분기부(61B1)가 포크형상을 갖는다. 따라서, 분기부(61B1)의 기단측을 시트(61A)(기관(42))의 일부위에서만 고정할 수 있다.

따라서, 기관(42)의 열팽창, 열수축 등에 의하여 지지빔(46)의 각 노드(46A) 사이에서 기관(42)의 횡수 D가 변화하는 경우에도, 각 노드(46A) 사이의 간격을 확대 또는 축소시키는 방향으로 작용하는 응력이 기관(42)측으로부터 암(61B), 지지빔(46) 등에 가해지는 것을 방지할 수 있다. 따라서, 신뢰성을 높일 수 있다.

다음으로, 도 10 내지 도 13은 본 발명의 제 5 실시형태를 나타낸다. 본 실시형태의 구성의 특징은 각속도 센서에 각속도와 가속도의 양자가 가해질 때에, 각속도를 가속도로부터 분리하여 검출하는 것에 있다. 본 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태와 동일한 구성요소에 동일한 부호를 붙이고, 그 설명을 생략하기로 한다.

참조번호 71은 본 실시형태의 각속도 센서를 나타낸다. 상기 각속도 센서(71)의 기관(72)상에는 예를 들면 저저항의 실리콘 재료 등을 사용하여 중앙 질량부(73), 외측 질량부(74, 75), 지지빔(76), 질량부 지지빔(77, 78), 고정부(79), 구동전극(81, 82), 고정측 검출전극(85, 86), 가동측 검출전극(87, 88, 89, 90)이 형성되어 있다.

각속도 센서(71)에서는, 고정측 검출전극(85, 86)과 가동측 검출전극(87, 88, 89, 90)에 의하여 형성되는 커패시터(C1, C2, C3, C4)(도 13 참조)가 거의 동등한 전극패턴을 갖도록 형성된다.

기관(72)의 중앙 근방에 배치된 제 1 질량부로서의 중앙 질량부(73)는 예를 들면 사각형의 평판형상으로 형성되어 있다. 중앙 질량부(73)는 지지빔(76)과 질량부 지지빔(77, 78)을 통하여 외측 질량부(74, 75)와 연결된다. 이들 질량부(73, 74, 75)는 도 10, 도 11에 나타난 바와 같이 기관(72)과 평행한 평면내에서 Y축방향을 따라서 거의 직선형상으로 배치된다. 후술하는 바와 같이 각속도, 가속도 등의 외력이 가해지면, 그 외력에 상응하는 코리올리힘 또는 관성력이 중앙 질량부(73)에 가해지고, 따라서 중앙 질량부(73)가 질량부 지지빔(77)을 통하여 Y축방향으로 변위한다.

제 2 질량부로서의 한쌍의 외측 질량부(74, 75)는 Y축방향으로 중앙 질량부(73)의 전후 양측에 배치된다. 상기 외측 질량부(74, 75)는 예를 들면 4각형의 평판형상으로 형성되며, 각 지지빔(76)의 양단에 질량부 지지빔(78)을 통하여 각각 연결되어 있다. 그리고, 외측 질량부(74, 75)는 중앙 질량부(73)와 마찬가지로, 각속도, 가속도 등의 외력이 가해질 때 질량부 지지빔(78)을 통하여 Y축 방향으로 변위한다.

질량부(73, 74, 75)의 질량과 지지빔(77, 78)의 스프링 상수는 설정되어 있으며, 후술하는 바와 같이 질량부(73, 74, 75)가 각속도 ω 및 가속도 a 로 함께 변위할 때에는, 이들 변위량이 서로 거의 동등하도록 구성되어 있다.

예를 들면 2개의 지지빔(76, 76)은 중앙 질량부(73)의 좌우 양측에 배치되며, 또한 X축방향으로 평행하게 형성되며, 서로 거의 동등한 길이를 가지고 Y축방향으로 연장되어 있다.

각속도 센서(71)의 작동시에는, 도 12에 나타난 바와 같이, 서로 연결하는 중앙 질량부(73)와 외측 질량부(74, 75)가 역위상으로 X축방향으로 진동한다. 중앙 질량부(73)가 진동에 의하여 화살표 a1방향으로 변위할 때에는, 외측 질량부(74, 75)가 화살표 a2방향으로 변위한다. 이 경우, 지지빔(76)의 길이방향 중간 부위에는 진동시에 거의 일정한 위치를 유지하는 4개의 노드(76A)가 배치되어 있다.

제 1 질량부 지지빔(77, 77)은 Y축방향으로 편향가능하게 형성된다. 각 제 1 질량부 지지빔(77)은 중앙 질량부(73)의 좌우 양측과 각 지지빔(76)의 길이방향 중간부위를 연결하고, 중앙 질량부(73)를 Y축방향으로 변위가능하게 지지하고 있다.

제 2 질량부 지지빔(78, 78)은 Y축방향으로 편향가능하게 형성된다. 제 2 질량부 지지빔(78)은 외측 질량부(74, 75)의 좌우 양측과 각 지지빔(76)의 단부를 각각 연결하며, 질량부(74, 75)를 Y축방향으로 변위가능하게 지지하고 있다.

예를 들면 4개의 고정부(79, 79, ...)는 지지빔(76)의 노드(76A)를 기관(72)에 접속한다. 각 고정부(79)는 제 1 실시형태와 마찬가지로, 시트(79A)와 암(79B)을 포함한다. 고정부(79)는 지지빔(76)을 노드(76A)에서 지지함으로써, 질량부(73, 74, 75)의 진동이 기관(72)측에 전해지는 것을 억제한다.

가동측 구동전극 지지부(80, 80)는 외측 질량부(74, 75)의 전후 양측에 형성된다. 고정측 구동전극(81, 81)은 상기 각 구동전극 지지부(80)에 형성되며, 각각 인터디지털패턴으로 배치된 복수의 전극판(81A)을 가지고 있다.

가동측 구동전극(82, 82)은 각 고정측 구동전극(81)에 대응하여 외측 질량부(74, 75)에 형성된다. 각 가동측 구동전극(82)은 고정측 구동전극(81)의 각 전극판(81A)과 인터디지털결합하는 복수의 전극판(82A)을 가지고 있다.

진동발생기로서의 진동발생부(83, 83)는 기관(72)과 외측 질량부(74, 75) 사이에 형성된다. 각 진동발생부(83)는 고정측 구동전극(81)과 가동측 구동전극(82)을 포함하며, 외측 질량부(74, 75)를 도 10종의 화살표 a1, a2방향으로 진동시킨다.

기관(72)상에 형성된 예를 들면 2개의 검출전극용 지지부(84, 84)는 중앙 질량부(73)의 전후 양측에 위치하여 외측 질량부(74, 75) 사이에 배치되어 있다.

고정측 검출전극(85)은 각 검출전극용 지지부(84)중의 한 지지부(84)로부터 전후방향으로 돌출형성되며, 중앙 질량부(73)측에 배치된 복수의 전극판(85A)과, 외측 질량부(74)측에 배치된 복수의 전극판(85B)을 갖는다. 이들 전극판(85A, 85B)은 각각 인터디지털패턴으로 배치된다.

고정측 검출전극(86)은 다른 검출전극용 지지부(84)로부터 전후방향으로 돌출되며, 중앙 질량부(73)측에 배치된 복수의 전극판(86A)과, 외측 질량부(75)측에 배치된 복수의 전극판(86B)을 가지고 있다.

가동측 검출전극(87)은 한 고정측 검출전극(85)을 향하여 돌출형성된다. 가동측 검출전극(87)은 고정측 검출전극(85)의 전극판(85A)과 인터디지털결합하는 복수의 전극판(87A)을 가지며, 상기 고정측 검출전극(85)과 함께 평행평판 커패시터(C1)를 구성하고 있다.

이 경우, 가동측 검출전극(87)은 도 10에 나타난 바와 같이, Y축방향으로 전극판(87A)의 일측에 형성된 전극 간격 d1이 타측에 형성된 전극 간격 d2보다도 작게 형성되어 있다(d1 < d2). 이 구성에서, 커패시터(C1)의 정전용량이 크게 영향을 미치는 전극 간격 d1은 중앙 질량부(73)가 Y축방향으로 화살표 b1방향으로 변위하였을 때에 넓어지고, 중앙 질량부(73)가 화살표 b2방향으로 변위하였을 때에 좁아진다. 이에 따라서, 커패시터(C1)의 정전용량은 중앙 질량부(73)가 화살표 b1방향으로 변위하였을 때에 증대하고, 중앙 질량부(73)가 화살표 b2방향으로 변위하였을 때에 감소한다.

가동측 검출전극(88)은 중앙 질량부(73)으로부터 다른쪽의 고정측 검출전극(86)을 향하여 돌출한다. 상기 가동측 검출전극(88)은 가동측 검출전극(87)과 마찬가지로, 고정측 검출전극(86)의 전극판(86A)과 인터디지털결합하는 전극판(88A)을 가지며, 고정측 검출전극(86)과 함께 커패시터(C2)를 구성하고 있다.

커패시터(C2)의 정전용량은 중앙 질량부(73)의 변위방향에 대하여 커패시터(C1)와 반대로 증가 또는 감소하도록 설정된다. 즉 이 구성에서는, 중앙 질량부(73)가 b1방향으로 변위하였을 때에 정전용량이 감소하고, 중앙 질량부(73)가 b2방향으로 변위하였을 때에 정전용량이 증대한다.

제 2 가동측 검출전극(89)은 외측 질량부(74, 75)중 하나, 즉 질량부(74)에 형성된다. 상기 가동측 검출전극(89)은 전극을 사이에 두고 고정측 검출전극(85)의 전극판(85B)과 Y축방향으로 인터디지털결합하는 복

수의 전극판(89A)을 가지며, 고정축 검출전극(85)과 함께 커패시터(C3)를 구성하고 있다.

이 경우, 가동축 검출전극(89)은 고정축 검출전극(85)(검출전극용 지지부(84)를 사이에 두고 Y축방향으로 가동축 검출전극(87)의 반대쪽에 배치되어 있다. 이 구성에서, 커패시터(C3)의 정전용량은 외측 질량부(74)가 b1방향으로 변위하였을 때에 감소하고, 외측 질량부(74)가 b2방향으로 변위하였을 때에 증대한다.

제 2 가동축 검출전극(90)은 다른쪽의 외측 질량부(75)에 형성된다. 가동축 검출전극(90)의 전극판(90A)은 가동축 검출전극(89)과 마찬가지로, 고정축 검출전극(86)의 전극판(86B)과 함께 커패시터(C4)를 구성하고 있다. 그리고, 커패시터(C4)의 정전용량은 외측 질량부(75)가 b1방향으로 변위하였을 때에 증대하고, 외측 질량부(75)가 b2방향으로 변위하였을 때에 감소한다.

기판(72)과 질량부(73, 74) 사이에 외력 검출기로서의 각속도 검출부(91)가 형성된다. 각속도 검출부(91)는 고정축 검출전극(85, 86)중 하나, 즉 고정축 검출전극(85)과, 가동축 검출전극(87, 89)을 포함한다. 커패시터(C1, C3)가 서로 병렬로 접속되어 있다. 각속도 센서(71)의 작동시에는 후술하는 바와 같이 질량부(73, 74)가 Y축방향으로 변위하면, 각속도 검출부(91)전체로서의 정전용량이 변화한다.

기판(72)과 질량부(72, 75)사이에는 외력 검출기로서의 다른 각속도 검출부(92)가 형성된다. 상기 각속도 검출부(92)는 고정축 검출전극(85, 86)중의 다른 하나, 즉 고정축 검출전극(86)과, 가동축 검출전극(88, 90)을 포함한다. 커패시터(C2, C4)가 병렬로 접속되어 있다. 각속도 검출부(92)는 질량부(73, 75)가 Y축방향으로 변위함으로써, 정전용량이 변화하도록 구성되어 있다.

따라서, 각속도 검출부(91)는 질량부(73, 74)의 변위량을 커패시터(C1, C3)의 용량변화로써 합성한다. 각속도 검출부(92)는 질량부(73, 75)의 변위량을 커패시터(C2, C4)의 용량변화로써 합성하며, 이에 따라서 각속도 센서(71)는 후술하는 바와 같이 각속도 ω 를 가속도 α 로부터 분리하여 검출한다.

본 실시형태의 각속도 센서(71)의 작동에 대하여 설명한다.

먼저, 각속도 센서(71)의 작동시에는, 각 진동발생부(83)에 교류의 구동신호를 칩류바이어스전압과 함께 인가한다. 그리고, 지지부(76)에 각각 X축방향으로 편향됨으로써, 중앙 질량부(73)와 외측 질량부(74, 75)가 서로 역위상으로 화살표 a1, a2방향으로 진동한다.

또한, 각속도 센서(71)에 Z축에 관한 각속도 ω 가 가해지면, 중앙 질량부(73)에는 코리올리힘 F1이 화살표 b1방향으로 부가된다. 또한, 외측 질량부(74, 75)는 중앙 질량부(73)와 반대의 속도방향으로 진동하고 있기 때문에, 이 속도방향에 대응하여 반대방향의 코리올리힘 F2가 화살표 b2방향으로 부가된다.

이 결과, 예를 들면 중앙 질량부(73)는 질량부 지지부(77)를 통하여 화살표 b1방향으로 변위하고, 외측 질량부(74, 75)는 질량부 지지부(78)를 통하여 화살표 b2방향으로 변위한다. 이들 변위에 의하여 각속도 검출부(91, 92)의 정전용량이 변화한다. 또한, 이 상태에서 Y축방향의 가속도 α 가 동시에 가해지면, 질량부(73, 74, 75)에는 이 가속도 α 에 상응하는 관성력 Fa이 인가된다.

따라서, 도 13을 참조하면서, 각속도 검출부(91, 92)의 정전용량의 변화에 대하여 설명하겠다.

먼저, 질량부(73, 74, 75)에 각속도 ω 와 가속도 α 가 가해진다. 각속도 검출부(91)에서는 예를 들면 질량부(73, 74)가 코리올리힘 F1, F2에 의하여 화살표 b1, b2방향으로 각각 변위한다. 이에 따라서, 커패시터(C1, C3)의 전극 간격은 초기상태와 비교하여 좁아지므로, 정전용량은 각각 증대한다. 여기에서는 코리올리힘 F1 및 F2가 각각 관성력 Fa보다도 큰 경우를 예로 들어 설명한다.

이 경우, 중앙 질량부(73)에는 코리올리힘 F1과 관성력 Fa의 양자가 커패시터(C1)의 정전용량을 증대시키는 방향으로 작용한다. 따라서, 커패시터(C1)의 정전용량의 변화량 $\Delta C1$ 은 각속도 성분 ΔCw 와 수학식 2로 표현되는 가속도 성분 ΔCa 의 합계이며, ΔCw ($\Delta Cw \geq 0$)은 커패시터(C1)의 정전용량의 변화량중에서 각속도 ω 에 의한 변화분이고, ΔCw ($\Delta Cw \geq 0$)은 관성력 Fa에 의한 변화분이다.

$$\Delta C1 = \Delta Cw + \Delta Ca$$

또한, 커패시터(C3)에는 외측 질량부(74)에 가해지는 코리올리힘 F2가 정전용량을 증대시키는 방향으로 작용하고, 관성력 Fa가 코리올리힘 F2와 반대방향으로 작용한다. 따라서, 커패시터(C3)의 정전용량의 변화량 $\Delta C3$ 은 하기의 수학식 3과 같이 각속도 성분 ΔCw 과 가속도 성분($-\Delta Ca$)의 합계와 동등하다.

$$\Delta C3 = \Delta Cw - \Delta Ca$$

따라서, 각속도 검출부(91)전체로서의 정전용량의 변화량 ΔCA 를 하기 수학식 4에 의하여 산출하면, 커패시터(C1, C3)의 가속도 성분 ΔCa 이 상쇄된다. 따라서, 정전용량의 변화량 ΔCA 은 각속도 성분 ΔCw 에 대한 값을 갖는다.

$$\Delta CA = \Delta C1 + \Delta C3 = \Delta Cw + \Delta Ca + \Delta Cw - \Delta Ca = 2\Delta Cw$$

각속도 검출부(92)에 대하여 설명하면, 예를 들면 각속도 검출부(92)의 질량부(73, 75)가 코리올리힘 F1, F2에 의하여 화살표 b1, b2방향으로 변위한다. 이에 따라서, 커패시터(C2, C4)의 전극 간격은 모두 초기상태와 비교하여 넓어지기 때문에, 이들 정전용량은 각각 감소한다.

이 경우, 커패시터(C2)에는 중앙 질량부(73)에 가해지는 코리올리힘 F1과 관성력 Fa의 양자가 전극간격을 넓혀서 정전용량을 감소시키는 방향으로 작용한다. 따라서, 변화량 $\Delta C2$ 은 하기의 수학식 5에 나타난 바와 같이, 각속도 성분($-\Delta Cw$)과 가속도 성분($-\Delta Ca$)의 합계와 동등하다.

$$\Delta C2 = \Delta Cw + \Delta Ca$$

커패시터(C4)에는 외측 질량부(75)에 가해지는 코리올리힘 F2가 정전용량을 감소시키는 방향으로 작용한다. 관성력 Fa가 코리올리힘 F2와 반대방향으로 작용한다. 따라서, 변화량 ΔC 은 하기 수학식 6과 같이 각속도 성분($-\Delta Cw$)와 가속도 성분 ΔCa 의 합계와 동등하다.

$$\Delta C4 = -\Delta Cw + \Delta Ca$$

따라서, 각속도 검출부(92) 전체로서의 정전용량의 변화량 $\Delta C8$ 을 하기 수학식 7에 의하여 산출하면, 커패시터(C2, C4)의 가속도 성분 ΔCa 가 상쇄되며, 정전용량의 변화량 $\Delta C8$ 은 각속도 검출부(91)와 마찬가지로 각속도 성분 ΔCw 에만 대응하는 값이 된다.

$$\Delta C8 = \Delta C2 + \Delta C4 = -\Delta Cw + \Delta Ca - \Delta Cw + \Delta Ca = -2\Delta Cw$$

각속도 센서(71)의 작동시에는, 각속도 검출부(91, 92)로부터 정전용량의 변화량 $\Delta C8$, $\Delta C8$ 에 상응하는 신호가 출력된다. 차동 증폭기 등에 의해 이들 신호를 처리함으로써, 각속도 ω 를 정밀도있게 검출할 수 있다.

코리올리힘 F1, F2보다도 관성력 Fa가 큰 경우에는, 외측 질량부(74, 75)가 화살표 b1방향으로 변위한다. 이 경우에도, 가속도 성분 ΔCa 은 상쇄된다. 따라서, 각속도 ω 를 검출할 수 있다. 게다가, 마찬가지로 각속도 센서(71)에 화살표 b2방향의 가속도 α 가 가해지는 경우에도 각속도 ω 를 가속도 α 로부터 분리하여 검출할 수 있다.

따라서, 이와 같이 구성되는 본 실시형태에서도, 상기 제 1, 제 2 실시형태와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다. 특히 본 실시형태의 구성에서는, 질량부(73, 74)의 변위량을 커패시터(C1, C3)의 용량변화로서 합성 상태에서 검출하는 각속도 검출부(91)와, 질량부(73, 75)의 변위량을 커패시터(C2, C4)의 용량변화로서 합성 상태에서 검출하는 각속도 검출부(92)를 형성하고 있다.

따라서, 각속도 검출부(91, 92)는 각속도 센서(71)에 Z축에 관한 각속도 ω 뿐만 아니라, Y축방향의 가속도 α 가 가해지는 경우에도, 이 가속도 α 에 의한 정전용량의 변화를 소거하여, 확실하게 제거할 수 있다. 각속도 ω 를 가속도 α 로부터 분리하여 안정적으로 검출할 수 있음과 아울러, 그 검출정밀도를 더욱 높일 수 있다.

이 경우, 각속도 검출부(91)에서는, 고정축 검출전극(85)과 가동축 검출전극(87, 89)을 서로 대향시켜서 커패시터(C1, C3)를 병렬로 접속하고, 커패시터(C1, C3)의 정전용량의 변화를 병렬로 검출한다. 게다가, 각속도 검출부(92)에서는, 고정축 검출전극(86)과 가동축 검출전극(88, 90)을 서로 대향시켜서 커패시터(C2, C4)를 병렬로 접속하고, 커패시터(C2, C4)의 정전용량의 변화를 병렬로 검출한다. 따라서, 각속도 ω 와 가속도 α 에 상응하는 정전용량의 변화량중에서 커패시터(C1, C3)의 가속도 성분 ΔCa 및 커패시터(C2, C4)의 가속도 성분 ΔCa 를 확실하게 상쇄할 수 있다. 복잡한 연산처리를 행하지 않고, 간단한 전극 구조로 각속도 성분 ΔCw 만을 검출할 수 있다.

다음으로, 도 14 내지 도 17은 본 발명의 제 6 실시형태를 나타낸다. 본 실시형태의 특징은 각속도와 가속도를 개별적으로 검출하도록 외력 측정장치를 구성한 것에 있다. 본 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태와 동일한 구성요소에 동일한 부호를 붙이고, 그 설명을 생략하기로 한다.

참조번호 101은 본 실시형태의 외력 센서를 나타낸다. 외력 센서(101)의 기판(102)상에는, 후술하는 중앙 질량부(103), 외측 질량부(104, 105), 프레임형상 질량부(106, 107), 지지빔(108), 질량부 지지빔(109, 110), 연결부(111), 고정부(112), 구동전극(114, 115), 고정축 검출전극(118, 119, 120, 121), 가동축 검출전극(122, 123, 124, 125)이 형성되어 있다.

제 1 질량부로서의 중앙 질량부(103)는 기판(102)의 중앙 근방에 배치되고, 도 14, 도 15에 나타낸 바와 같이, 상기 제 3 실시형태와 마찬가지로, 프레임형상으로 형성된다. 중앙 질량부(103)는 힐프레이мбу(103A), 종프레이мбу(103B) 및 중간 프레이мбу(103)를 포함한다.

중앙 질량부(103)는 지지빔(108), 질량부 지지빔(109, 110) 및 연결부(111)를 통하여 외측 질량부(104, 105)와 프레임형상 질량부(106, 107)에 연결된다. 이들 질량부(103, 104, 105, 106, 107)는 지지빔(108)에 의하여 X축방향으로 변위가능하게 지지됨과 아울러, Y축방향을 따라서 거의 직선형상으로 배치된다. 또한, 중앙 질량부(103)는 질량부 지지빔(109)에 의하여 Y축방향으로 변위가능하게 지지되어 있다.

제 2 질량부로서의 한쌍의 외측 질량부(104, 105)는 중앙 질량부(103)의 Y축방향 양측에 배치된다. 외측 질량부(104)는 도 15에 나타낸 바와 같이 힐프레이мбу(104A)와 종프레이мбу(104B)를 갖는 사각형의 프레임형상으로 형성된다. 또한 외측 질량부(105)도 외측 질량부(104)와 동일한 프레임형상으로 형성되어 있다. 그리고, 외측 질량부(104, 105)는 질량부 지지빔(110)에 의하여 Y축방향으로 변위가능하게 지지되어 있다.

제 3 질량부로서의 프레임형상 질량부(106)는 중앙 질량부(103)와 외측 질량부(104, 105) 사이에 배치된다. 프레임형상 질량부(106)는 제 3 실시형태와 마찬가지로, 중앙 질량부(103)를 둘러싸는 사각형의 프레임형상 질량부로 형성되며, 힐프레이мбу(106A)와 종프레이мбу(106B)를 가지고 있다. 프레임형상 질량부(106)의 외측 부위가 연결부(111)를 통하여 지지빔(108)과 연결되며, 그 내측 부위가 질량부 지지빔(109)을 통하여 중앙 질량부(103)에 연결되어 있다.

제 4 질량부로서의 프레임형상 질량부(107, 107)는 각각 외측 질량부(104, 105)를 둘러싸도록 배치된다.

각 프레임형상 질량부(107)는 횡프레임부(107A)와 종프레임부(107B)를 갖는 사각형의 프레임형상 질량부로 형성된다. 그 외측 부위가 지지빔(108)에 연결될과 아울러, 그 내측 부위가 질량부 지지빔(110)을 통하여 외측 질량부(104, 105)에 연결되어 있다.

지지빔(108, 108)은 질량부(103~107)를 X축방향으로 변위가능하게 지지한다. 상기 각 지지빔(108)은 프레임형상 질량부(106)의 좌우 양측에 배치되며, Y축방향으로 연장되어 있다. 외력 센서(101)의 작동시에는, 질량부(103, 106)와 질량부(104, 105, 107)이 지지빔(108) 등을 통하여 거의 역위상으로 X축방향으로 진동한다. 이 때 각 지지빔(108)의 길이방향 중간부위에는 거의 일정한 위치를 유지하는 4개의 노드(108A)가 배치되어 있다.

제 1 질량부 지지빔(109, 109, ...)는 중앙 질량부(103)와 프레임형상 질량부(106)를 연결한다. 각 제 1 질량부 지지빔(109)은 외측 질량부(104, 105)를 4개의 모서리에서 Y축방향으로 변위가능하게 지지하고 있다.

제 2 질량부 지지빔(110, 110, ...)은 외측 질량부(104, 105)와 각 프레임형상 질량부(107)를 연결한다. 제 2 질량부 지지빔(110)은 외측 질량부(104, 105)를 Y축방향으로 변위가능하게 지지하고 있다.

참조번호 111, 111은 프레임형상 질량부(106)와 지지빔(108)을 연결하는, 좌우측에 형성된 연결부를 나타내며, 상기 각 연결부(111)는 높은 강성을 가지고 형성되며, 프레임형상 질량부(106)가 Y축방향으로 변위하는 것을 규제하고 있다.

고정부(112)는 지지빔(108)을 기판(102)에 접속한다. 상기 고정부(112)는 기판(102)상에 고정된 프레임형상의 시트(112A)와, 상기 시트(112A)로부터 내측에 돌출하여 지지빔(108)의 노드(108A)에 연결된 예를 들면 4개의 암(112B)을 포함하며, 질량부(103~107)의 진동이 기판(102)에 전해지는 것을 억제한다.

기판(102)상에 형성된 예를 들면 4개의 구동전극용 지지부(113, 113, ...)는 외측 질량부(104, 105)의 전후 양측에 위치한다. 고정측 구동전극(114, 114, ...)은, 각 구동전극용 지지부(113)에 형성된다. 각 고정측 구동전극(114)의 전극판(114A)은 각 프레임형상 질량부(107)에 형성된 가동측 구동전극(115, 115, ...)의 전극판(115A)과 인터디지탈결합된다.

진동발생기로서의 진동발생부(116, 116, ...)는 구동전극(114, 115)으로 형성된다. 각 진동발생부(116)는 외측 질량부(104, 105)를 14종의 화살표 a1, a2방향으로 진동시키는 것이다.

기판(102)상에 형성된 예를 들면 4개의 검출전극용 지지부(117, 117, ...)는 질량부(103, 104, 105)의 내측에 위치한다. 각 검출전극용 지지부(117)에는 복수의 전극판(118A, 119A, 120A, 121A)을 갖는 고정측 검출전극(118, 119, 120, 121)이 각각 형성되어 있다.

가동측 검출전극(122, 123)은 중앙 질량부(103)의 종간 프레임부(103C)로부터 전후방향으로 돌출형성된다. 가동측 검출전극(124, 125)은 외측 질량부(104, 105)의 내측단에 돌출형성된다. 가동측 검출전극(122, 123, 124, 125)의 전극판(122A, 123A, 124A, 125A)은 고정측 검출전극(118, 119, 120, 121)의 전극판(118A, 119A, 120A, 121A)와 각각 인터디지탈결합된다.

제 1 변위량 검출부(126, 127)는 후술하는 외력 검출부(13)를 구성한다. 제 1 변위량 검출부(126, 127)중 한쪽의 검출부(126)는 고정측 검출전극(118)과 가동측 검출전극(122)을 포함한다. 이들 전극은 중앙 질량부(103)가 화살표 b1방향으로 변위할 때 정전용량이 증가하고 중앙 질량부(103)가 화살표 b2방향으로 변위할 때 정전용량이 감소하는 커패시터(C1)를 구성하고 있다.

또한, 다른쪽의 변위량 검출부(127)는 검출전극(119, 123)을 포함한다. 이들 전극은 중앙 질량부(103)가 화살표 b1방향으로 변위할 때 정전용량이 감소하고, 중앙 질량부(103)가 화살표 b2방향으로 변위할 때 정전용량이 증대하는 커패시터(C2)를 구성하고 있다.

제 2 변위량 검출부(128, 129)는 외력 검출부(130)를 구성한다. 변위량 검출부(128, 129)중 한쪽의 검출부(128)는 고정측 검출전극(120)과 가동측 검출전극(124)을 포함한다. 이들 전극은 외측 질량부(104)가 화살표 b1방향으로 변위할 때 정전용량이 감소하고, 외측 질량부(104)가 화살표 b2방향으로 변위할 때 정전용량이 증대하는 커패시터(C3)를 구성하고 있다.

또한, 다른쪽의 변위량 검출부(129)는 검출 전극(121, 125)을 포함한다. 이들 전극은 외측 질량부(105)가 화살표 b1방향으로 변위할 때 정전용량이 증대하고, 외측 질량부(105)가 화살표 b2방향으로 변위할 때 정전용량이 감소하는 커패시터(C4)를 구성하고 있다.

도 16에 있어서, 외력 검출기로서의 외력 검출부(130)는 외력 센서(101)에 가해지는 각속도 ω 와 가속도 a 를 검출한다. 외력 검출부(130)는 4개의 변위량 검출부(126, 127, 128, 129)와, 외력 센서(101)에 접속된 외력 연산부로서의 가산 증폭기(131, 132, 133, 134), 차동 증폭기(135, 136)를 포함한다.

여기서, 가산 증폭기(131)는 변위량 검출부(127, 129)에 의하여 검출되는 커패시터(C12, C14)의 정전용량의 변화량을 가산하며, 차동 증폭기(135)에 출력한다. 또한, 가산 증폭기(132)는 변위량 검출부(126, 128)에 의하여 검출되는 커패시터(C1, C3)의 정전용량의 변화량을 가산하며, 차동 증폭기(135)에 출력한다. 또한, 가산 증폭기(133)는 변위량 검출부(127, 128)에 의하여 검출되는 커패시터(C12, C13)의 정전용량의 변화량을 가산하며, 차동 증폭기(136)에 출력한다. 게다가, 가산 증폭기(134)는 변위량 검출부(126, 129)에 의하여 검출되는 커패시터(C1, C4)의 정전용량의 변화량을 가산하며, 차동 증폭기(136)에 출력한다.

또한, 차동 증폭기(135)는 가산 증폭기(131, 132)로부터의 출력신호간의 차를 각속도 ω 에 대응하는 검출신호로서 동기 검파기(137)에 출력한다. 동기 검파기(137)는 예를 들면 진동 발생부(116)의 진동 주파수에 대응한 일정한 주기로 검출신호를 동기정류하여 적분함으로써, 노이즈 등을 제거한다. 또한, 차동 증폭기(136)는 가산 증폭기(133, 134)로부터의 출력신호간의 차를 가속도 a 에 대응하는 검출신호로서 출력한다.

본 실시형태의 외력 센서(101)의 검출 동작을 도 17을 참조하면서 설명하겠다.

먼저, 외력 센서(101)를 작동시키면, 질량부(103, 106)와 질량부(104, 105, 107)은 지지빔(108)을 통하여 역위상으로 화살표 a1, a2방향으로 진동한다.

그리고, 외력 센서(101)에 각속도 ω 와 가속도 α 가 가해지면, 중앙 질량부(103)에는 예를 들면 각속도 ω 에 의한 코리올리힘 F1이 화살표 b1방향으로 부가된다. 외측 질량부(104, 105)에는 코리올리힘 F1과 반대방향의 코리올리힘 F2가 화살표 b2방향으로 부가된다. 또한, 질량부(103, 104, 105)에는 가속도 α 에 의한 관성력 Fa가 화살표 b1방향으로 가해지게 된다.

여기서, 코리올리힘 F1, F2가 관성력 Fa보다 큰 경우에는, 예를 들면 중앙 질량부(103)는 질량부 지지빔(109)을 통하여 화살표 b1방향으로 변위하고, 외측 질량부(104, 105)는 질량부 지지빔(110)을 통하여 화살표 b2방향으로 변위하고, 동시에 변위량 검출부(126, 127, 128, 129)의 정전용량이 변화한다.

이 경우, 변위량 검출부(126)에는 상기 제 5 실시형태에 있어서의 커패시터(C1)의 경우와 마찬가지로, 중앙 질량부(103)에 가해지는 코리올리힘 F1과 관성력 Fa의 양자가 커패시터(C11)의 정전용량을 증대시키는 방향으로 작용한다. 따라서, 커패시터(C11)의 정전용량의 변화량 $\Delta C11$ 은, 코리올리힘 F1에 대응한 각속도 성분 ΔCw 과 관성력 Fa에 대응하는 가속도 성분 ΔCa 를 사용하여 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta C11 = \Delta Cw + \Delta Ca$$

또한, 변위량 검출부(127)에는, 코리올리힘 F1과 관성력 Fa의 양자가 커패시터(C12)의 정전용량을 감소시키는 방향으로 작용한다. 따라서, 커패시터(C12)의 정전용량의 변화량 $\Delta C12$ 는 다음의 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta C12 = -\Delta Cw - \Delta Ca$$

또한, 변위량 검출부(128)에는, 코리올리힘 F2가 커패시터(C13)의 정전용량을 증대시키는 방향으로 작용하고, 관성력 Fa가 코리올리힘 F2와 반대방향으로 작용한다. 따라서, 커패시터(C13)의 정전용량의 변화량 $\Delta C13$ 은 하기의 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta C13 = \Delta Cw - \Delta Ca$$

게다가, 변위량 검출부(129)에는, 코리올리힘 F2가 커패시터(C14)의 정전용량을 감소시키는 방향을 작용하고, 관성력 Fa가 이것과 반대방향으로 작용한다. 따라서, 커패시터 C14의 정전용량의 변화량 $\Delta C14$ 은 하기의 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta C14 = -\Delta Cw + \Delta Ca$$

그리고, 가산 증폭기(131)에 의하여 정전용량의 변화량 $\Delta C12$, $\Delta C14$ 를 가산하며, 가산 증폭기(132)에 의하여 정전용량의 변화량 $\Delta C11$, $\Delta C13$ 을 가산한다. 이들 가산결과의 차에 대응하는 검출신호 S1가 차동 증폭기(135)로부터 동기 검파기(137)를 통하여 출력된다. 이 경우, 검출신호(S1)는 상기 수학식 8 내지 11을 이용하여 하기의 수학식 12와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} S1 &= \Delta C12 + \Delta C14 - (\Delta C11 + \Delta C13) \\ &= -\Delta Cw - \Delta Ca - \Delta Cw + \Delta Ca - (\Delta Cw + \Delta Ca + \Delta Cw - \Delta Ca) \\ &= -4\Delta Cw \end{aligned}$$

또한, 가산 증폭기(133)에 의하여 정전용량의 변화량 $\Delta C12$, $\Delta C13$ 을 가산하며, 가산 증폭기(134)에 의하여 정전용량의 변화량 $\Delta C11$, $\Delta C14$ 을 가산하면, 차동 증폭기(136)는 이들 가산 결과의 차에 대응하는 검출신호 S2를 출력한다. 이 경우, 검출신호 S2는 하기의 수학식 13과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} S2 &= \Delta C12 + \Delta C13 - (\Delta C11 + \Delta C14) \\ &= -\Delta Cw - \Delta Ca + \Delta Cw - \Delta Ca - (\Delta Cw + \Delta Ca + \Delta Cw + \Delta Ca) \\ &= -4\Delta Ca \end{aligned}$$

따라서, 각속도 센서(101)는 Z축에 관한 각속도 ω 와 Y축방향의 가속도 α 가 동시에 가해지는 경우에도, 각속도와 가속도를 검출신호 S1, S2로서 개별적으로 검출할 수 있다. 또한, 코리올리힘 F1, F2보다도 관성력 Fa가 큰 경우나 가속도 α 가 화살표 b2방향으로 가해지는 경우에 있어서도, 각속도 ω 와 가속도 α 를 개별적으로 검출할 수 있다.

이와 같이 구성되는 본 실시형태에서도, 상기 제 1, 제 3, 제 5 실시형태와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다. 특히 본 실시형태의 구성에서는, 중앙 질량부(103)의 Y축방향으로의 변위량을 검출하는 변위량 검출부(126, 127)와, 외측 질량부(104, 105)의 변위량을 검출하는 변위량 검출부(128, 129)와, 외력 검출부(130)가 형성되어 있다.

이에 따라서, 외력 검출부(130)에서는 제 1 변위량 검출부(126, 127)에 의하여 검출한 중일 질량부(103)의 변위량과, 제 2 변위량 검출부(128, 129)에 의하여 검출한 외측 질량부(104, 105)의 변위량을 가산 증폭기(131, 132, 133, 134), 차동 증폭기(135, 136)에 의하여 가산 및 감산할 수 있다. 게다가, 이들 변위량에 포함되는 각속도 성분 $\Delta\omega$ 및 가속도 성분 $\Delta\alpha$ 를 개별적으로 연산할 수 있다.

따라서, 외력 센서(101)는 각속도 ω 및 가속도 α 에 대응하는 검출신호 S1, S2를 정확히 도출할 수 있다. 단일의 외력 센서(101)에 의하여, Z축에 관한 각속도 ω 와 Y축방향의 가속도 α 를 독립적으로 검출할 수 있음과 아울러, 외력 측정장치로서의 성능을 향상시킬 수 있다.

또한, 외측 질량부(104, 105)를 각각 둘러싸는 2개의 프레임형상 질량부(107)를 형성하였으므로, 상기 각 프레임형상 질량부(107)는 지지빔(108)의 편향에 변위만 바뀌어 이 변위가 외측 질량부(104, 105)에 전해지는 것을 확실하게 막을 수 있다. 따라서, 검출정밀도를 더욱 향상시킬 수 있다.

상기 제 3, 제 6 실시형태의 구성에서는, 고정부(49, 112)의 시트(49A, 112A)로부터 지지빔(46, 108)의 노드(46A, 108A)를 향하여 직선형상의 암(49B, 112B)을 돌출시킨다. 본 발명은 이것에 한정되지 않으며, 예를 들면 도 16에 나타난 변형예와 같이, 고정부(49)의 시트(49A)와 암(49B) 사이에 대략 'U'자형상의 완충부(49C)를 형성해도 된다. 지지빔(46)의 편향에 의하여 암(49B)에 응력이 가해질 때에는, 완충부(49C)가 약간 편향되어 이 응력을 완충한다. 또한, 제 6 실시형태에 있어서도, 고정부(112)의 시트(112A)와 암(112B) 사이에 대략 'U'자형상의 완충부를 형성해도 된다.

또한, 상기 제 6 실시형태에서는, 프레임형상 질량부(107)가 외측 질량부(104, 105)를 둘러싸는 구성으로 하였으나, 본 발명은 이것에 한정되지 않는다. 프레임형상 질량부(106, 107) 자체가 아니라, 중일 질량부(103)를 둘러싸는 프레임형상 질량부(106)만을 형성해도 된다. 외측 질량부(104, 105)를 둘러싸는 프레임형상 질량부(107)는 생략하고, 외측 질량부(104, 105)를 제 5 실시형태와 마찬가지로 질량부 지지빔에 의하여 지지빔(108)에 연결해도 된다.

또한, 상기 제 6 실시형태에서는, 차동 증폭기(135)로부터 동기 검파기(137)를 통하여 각속도의 검출신호(S1)를 출력하고, 차동 증폭기(136)로부터 가속도 α 의 검출신호 S2를 직접적으로 출력하였으나, 본 발명은 이것에 한정되지 않는다. 차동 증폭기(135, 136)의 출력측에는 예를 들면 거의 동일한 진동 주파수를 갖는 고주파 노이즈 등을 검출신호 S1, S2로부터 제거하는 로패스 필터 등을 형성해도 된다.

바람의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 기판상에 배치한 복수의 질량부를 지지빔에 의하여 서로 연결하고, 상기 각 질량부를 역위상으로 진동시킨다. 따라서, 예를 들면 일부의 질량부를 진동시킴으로써, 각 질량부를 지지빔을 통하여 서로 역위상으로 효율성있게 진동시킬 수 있다. 게다가, 지지빔의 중간 부위에는 질량부가 진동할 때에 지지빔이 기판에 대하여 거의 일정하게 위치할 수 있는 진동의 노드를 배치할 수 있다. 예를 들면 지지빔의 노드 부위를 기판측에 고정함으로써, 각 질량부의 진동상태를 안정시킬 수 있다. 또한, 각속도를 측정 등에 의한 가속도로부터 분리하여 검출할 수 있다. 따라서, 검출정밀도를 안정시킬 수 있다.

바람직하게는, 고정부는 각 질량부가 서로 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 지지빔의 부위를 기판에 접속한다. 상기 고정부의 위치에서는, 각 질량부의 진동을 감쇄할 수 있다. 따라서, 진동시 지지빔을 통하여 기판에 전해지는 것을 확실하게 막을 수 있다. 이에 따라서, 진동에너지가 기판측에 방사하지 않고, 각 질량부를 소정의 진폭, 진동속도 등으로 효율성있게 진동시킬 수 있다. 게다가, 외력(각속도)의 검출정밀도를 안정시킬 수 있다. 또한, 각 질량부가 외력의 검출방향을 잘못 변위하는 것을 방지할 수 있다. 따라서, 외력의 검출정밀도 및 신뢰성을 높일 수 있다.

바람직하게는, 지지빔은 각 질량부를 Z축방향으로 변위가능하게 지지하며, 외력 검출수단은 질량부가 Z축방향으로 변위할 때의 각 질량부의 변위량을 검출한다. 따라서, 질량부를 X축방향으로 진동시키면서, 각 질량부를 각속도, 가속도 등에 상응하여 Z축방향으로 변위시킬 수 있다. 이 변위량을 외력으로서 검출할 수 있다.

더욱 바람직하게는, 각 질량부는 질량부 지지빔에 의하여 지지되며 Y축방향의 변위량이 각속도로서 검출되는 제 1 질량부와, 상기 제 1 질량부의 양측에 위치하는 제 2 질량부를 포함한다. 따라서, 제 1 질량부를 사이에 두고 제 2 질량부를 대칭적으로 배치할 수 있으며, 각 질량부를 X축방향에 대하여 역위상으로 안정적으로 진동시킬 수 있다. 이 상태에서, 제 1 질량부가 질량부 지지빔을 통하여 Y축방향으로 변위할 때의 제 1 질량부의 변위량을, 각속도로서 검출할 수 있다. 또한, 각속도가 가해지지 않을 때에는, 지지빔이 X축방향으로 편향되므로써, 제 1 및 제 2 질량부를 X축방향으로만 진동시킬 수 있으며, 질량부 지지빔은 Y축방향으로 변위하지 않도록 유지할 수 있다. 따라서, 제 1 질량부가 지지빔의 편향 등에 의하여 Y축방향으로도 잘못 변위하는 것을 방지할 수 있다. 검출정밀도 및 신뢰성을 높일 수 있다.

바람직하게는, 제 2 질량부를 지지빔에 의하여 서로 X축방향으로 변위가능하게 연결하고, 제 3 질량부를 연결부에 의하여 지지빔에 연결하고, 제 1 질량부를 질량부 지지빔에 의하여 제 3 질량부내에 Y축방향으로 변위가능하게 연결한다. 따라서, 제 1, 제 2 및 제 3 질량부 전체를 진동발생기에 의하여 X축방향으로 진동시키면서, 제 1 질량부가 각속도에 의하여 질량부 지지빔을 통하여 Y축방향으로 변위할 때의 제 1 질량부의 변위량을, 각속도로서 검출할 수 있다. 그리고, 각 질량부의 진동이 기판에 전해지는 것을 확실하게 막을 수 있다. 각속도가 가해지지 않을 때에는, 제 3 질량부는 지지빔의 편향 등에 Y축방향으로의 변위로 바뀌어 제 1 질량부에 전해지는 것을 막을 수 있다. 검출정밀도를 더욱 향상시킬 수 있다.

더욱 바람직하게는, 고정부는 각 질량부가 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 지지빔의 부위를 기판에 접속한다. 따라서, 각 질량부의 진동이 지지빔을 통하여 기판에 전해지는 것을 확실하게 막을 수 있다.

바람직하게는, 제 1 및 제 2 질량부는 Y축방향으로 변위가능한 제 1 및 제 2 질량부 지지빔을 통하여 지지빔에 연결된다. 따라서, 제 1 및 제 2 질량부는 지지빔을 통하여 X축방향으로 진동하면서, 각속도 또는

가속도에 상응하여 Y축방향으로 변위할 수 있다. 따라서, 외력 검출수단은 제 1 및 제 2 질량부의 변위량을 사용하여 각속도 및 가속도를 검출할 수 있다.

게다가, 본 발명에 따르면, 제 1 및 제 2 질량부는 제 1 및 제 2 질량부 지지빔을 통하여 제 3 및 제 4 질량부에 연결되고, 상기 제 3 및 제 4 질량부는 지지빔에 연결된다. 제 1 및 제 2 질량부는 지지빔을 통하여 역위상으로 X축방향으로 진동하면서, 각속도 및 가속도에 상응하여 Y축방향으로 변위할 수 있다. 또한, 제 3 및 제 4 질량부는 지지빔의 편향 등이 제 1 및 제 2 질량부에 전해지는 것을 막을 수 있다.

바람직하게는, 고정부는 각 질량부가 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 지지빔의 부위를 기판에 접속한다. 따라서, 각 질량부의 진동이 지지빔을 통하여 기판에 전해지는 것을 확실하게 억제할 수 있다.

또한, 바람직하게는, 외력 검출수단은 질량부가 서로 역위상으로 진동함과 동시에 검출방향으로 각각 변위할 때의 질량부의 변위량을 합성하여, 검출한다. 따라서, 예를 들면 각 질량부에 각속도와 가속도가 가해질 때에는, 질량부의 변위량을 가산, 감산 등에 의해 합성함으로써, 이들 질량부의 변위량중에서 질량부가 가속도에 의하여 동일한 방향으로 변위한 가속도 성분을 확실하게 산출할 수 있다. 예를 들면 각속도를 가속도로부터 분리하여 안정적으로 검출할 수 있다. 따라서, 외력 측정장치에 각속도뿐만 아니라, 충격 등에 의한 가속도가 가해지는 경우에도, 각속도의 검출정밀도를 확실하게 향상시킬 수 있다.

바람직하게는, 외력 검출수단은 고정측 검출전극에 대한 제 1 및 제 2 가동측 검출전극의 변위량을 정전 용량의 변화로서 병렬로 검출한다. 따라서, 가동측 검출전극과 고정측 검출전극 사이에 2개의 커패시터를 병렬로 형성할 수 있다. 제 1 및 제 2 질량부에 각속도와 가속도가 가해질 때에는, 제 1 및 제 2 가동측 검출전극이 고정측 검출전극에 대하여 동일한 방향으로 변위함으로써, 2개의 커패시터 사이에서 정전용량의 변화량중의 가속도 성분을 확실하게 산출할 수 있다. 따라서, 복잡한 연산처리 등을 행하지 않고, 간단한 전극구조에 의해 각속도 성분을 검출할 수 있다.

따라서, 제 1 및 제 2 질량부가 서로 역위상으로 진동하고 있는 상태에서 상기 각 질량부에 각속도가 가해질 때에는, 이들 질량부가 코리올리힘에 의하여 반대방향으로 변위한다. 이 결과, 예를 들면 제 1 및 제 2 가동측 검출전극의 양자를 고정측 검출전극 근방에 위치시킬 수 있으며, 이들사이의 정전용량을 각속도에 상응하여 증가시킬 수 있다. 또한, 제 1 및 제 2 질량부에 가속도가 가해질 때에는, 이들 질량부가 동일한 방향으로 변위한다. 따라서, 제 1 및 제 2 가동측 검출전극중의 하나를 고정측 검출전극 근방에 위치시키고, 다른 하나를 고정측 검출전극으로부터 이격시킬 수 있다. 따라서, 가속도에 의한 각 검출전극사이의 정전용량의 변화를 산출할 수 있다.

또한, 바람직하게는, 외력 검출수단은 제 1 및 제 2 질량부의 변위량을 검출하는 제 1 및 제 2 변위량 검출부와, 상기 각 변위량 검출부의 검출결과를 사용하여 각속도와 가속도를 개별적으로 연산하는 외력 연산부를 포함한다. 따라서, 외력 연산부는 제 1 및 제 2 변위량 검출부에서 검출한 값의 합계 및 차를 구함으로써, 상기 각 검출값에 포함되는 가속도 성분과 각속도 성분을 개별적으로 연산할 수 있다. 따라서, 각 질량부의 각속도와 가속도를 각각 독립적으로 안정적으로 검출할 수 있다. 외력 측정장치로서의 성능을 향상시킬 수 있다.

바람직하게는, 외력 검출기는 각각 인터디지탈패턴을 갖는 고정측 검출전극과 가동측 검출전극을 포함한다. 따라서, 고정측 검출전극과 가동측 검출전극의 전극부를 서로 인터디지탈결합시켜서, 대항하는 검출전극 사이에 큰 면적이 생길 수 있다. 질량부가 외력에 의하여 Y축방향으로 변위할 때에는, 그 변위량을 검출전극 사이의 거리(정전용량)의 변화로서 검출할 수 있다.

본 발명을 특정한 실시형태와 관련하여 설명하였으나, 본 기술분야에 있어서 통상의 지식을 가진 자라면 여러가지 다른 변형과 변경 및 다른 응용이 가능하다는 것을 알 것이다. 따라서, 본 발명은 이상의 구체적인 개시에 의해 한정되는 것이 아니라 첨부된 특허청구범위에 의해서만 한정되는 것이 바람직하다.

(5) 광구의 변위

청구항 1

기판과, 상기 기판으로부터 이격되어 기판과 대항하며, X축, Y축 및 Z축방향의 3개의 직교하는 축방향중에서 Y축방향으로 배치되며, X축방향으로 서로 역위상으로 진동할 수 있는 복수의 질량부와, 상기 복수의 질량부를 진동시키기 위한 진동발생기와, 상기 각 질량부를 X축방향으로 변위가능하게 연결하는 지지빔과, 상기 지지빔과 상기 기판 사이에 형성되는 고정부와, 상기 각 질량부에 각속도 또는 가속도가 작용하였을 때에 상기 각 질량부가 Y축 및 Z축방향중의 한 방향으로 변위하는 변위량을 검출하는 외력 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 고정부는 상기 각 질량부가 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 상기 지지빔의 부위를 상기 기판에 접속하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 지지빔은 상기 각 질량부를 Z축방향으로 변위가능하게 지지하고, 상기 외력 검출기는 상기 질량부가 Z축방향으로 변위할 때의 각 질량부의 변위량을 검출하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 각 질량부는 제 1 질량부와, Y축방향으로 상기 제 1 질량부의 양측에 각각 위치하는 제 2 질량부를 포함하고, 상기 제 1 질량부는 Y축방향으로 변위가능한 질량부 지지빔을 통하여 상기 지지빔에 지지되며, 상기 외력 검출기는 상기 제 1 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 상기 제 1 질량부의 변위량을 검출하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 외력 검출기는 상기 기관상에 상기 제 1 질량부와 대향하여 위치하는 고정축 검출전극과, 상기 제 1 질량부에 형성되며 또한 Y축방향으로 상기 고정축 검출전극과 이격되며 대향하는 가동축 검출전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 6

기관과, 상기 기관으로부터 이격되며 기관과 대향하며, X축, Y축 및 Z축방향의 3개의 직교하는 축방향중에서 Y축방향으로 배치되며, X축방향으로 진동할 수 있는 제 1 질량부와, 상기 복수의 질량부를 진동시키기 위한 진동발생기와, 상기 제 1 질량부를 사이에 두고 상기 제 1 질량부의 Y축방향의 양측에 형성되며 또한 상기 진동발생기에 의하여 X축방향으로 진동할 수 있는 제 2 질량부와, 상기 제 1 질량부와 제 2 질량부 사이에 위치하며 상기 제 1 질량부를 둘러싸는 제 3 질량부와, 상기 제 2 질량부를 서로 X축방향으로 변위가능하게 연결하는 지지빔과, 상기 지지빔에, 상기 제 3 질량부를 연결하는 연결부와, 상기 제 3 질량부에 제 1 질량부를 Y축방향으로 변위가능하게 연결하는 질량부 지지빔과, 상기 기관과 상기 지지빔 사이에 형성되며 또한 상기 지지빔을 상기 기관에 접속하는 고정부와, 상기 제 1 질량부에 각속도가 작용할 때에 상기 제 1 질량부의 Y축방향으로의 변위량을 검출하는 외력 검출기를 포함하며, 상기 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 및 제 4 질량부는 서로 역위상으로 진동하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 고정부는 상기 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 질량부가 서로 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 상기 지지빔의 부위를 상기 기관에 접속하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서, 상기 제 2 질량부는 상기 제 1 질량부의 Y축방향의 양측에 위치하며, 상기 제 1 및 제 2 질량부는 Y축방향으로 변위가능한 제 1 및 제 2 질량부 지지빔을 통하여 상기 지지빔에 각각 연결되는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 9

기관과, 상기 기관으로부터 이격되며 기관과 대향하며, X축, Y축 및 Z축방향의 3개의 직교하는 축방향중에서 X축방향으로 진동할 수 있는 제 1 질량부와, 상기 제 1 질량부를 사이에 두고 상기 제 1 질량부의 Y축방향의 양측에 형성되며 X축방향으로 진동할 수 있는 제 2 질량부와, 상기 제 1 질량부와 제 2 질량부 사이에 위치하며 상기 제 1 질량부를 둘러싸는 제 3 질량부와, 상기 제 2 질량부를 둘러싸는 제 4 질량부와, 상기 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 질량부를 진동시키기 위한 진동발생기와, 상기 제 4 질량부를 서로 X축방향으로 변위가능하게 연결하는 지지빔과, 상기 지지빔에 대하여 상기 제 3 질량부를 연결하는 연결부와, 상기 제 3 질량부에, 상기 제 1 질량부를 Y축방향으로 변위가능하게 연결하는 제 1 질량부 지지빔과, 상기 제 4 질량부에 제 2 질량부를 Y축방향으로 변위가능하게 연결하는 상기 제 2 질량부 지지빔과, 상기 기관과 상기 지지빔 사이에 형성되며 또한 상기 지지빔을 상기 기관에 접속하는 고정부와, 상기 제 1 및 제 2 질량부에 각속도 또는 가속도가 작용할 때에, 상기 제 1 및 제 2 질량부의 Y축방향으로의 변위량을 검출하는 외력 검출기를 포함하며, 상기 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 및 제 4 질량부는 서로 역위상으로 진동하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 고정부는 상기 제 1 및 제 3 질량부와 제 2 및 제 4 질량부가 서로 역위상으로 진동할 때의 노드에 대응하는 상기 지지빔의 부위를 상기 기관에 접속하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 11

제 1 항, 제 2 항, 제 6 항 및 제 7 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 외력 검출기는 적어도 상기 각 질량부에 가해지는 각속도를 가속도로부터 분리하여 검출하기 위하여 상기 질량부가 서로 역위상으로 진동하여 Y축방향으로 변위할 때의 각 질량부의 변위량을 합성하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 12

제 8 항에 있어서, 상기 외력 검출기는 상기 제 1 질량부와 제 2 질량부 사이에 위치하며, 또한 상기 기관에 형성된 고정축 검출전극과, 상기 제 1 질량부에 형성되며 또한 Y축방향으로 상기 고정축 검출전극과 이격되며 대향하는 제 1 가동축 검출전극과, 상기 제 2 질량부에 형성되며 또한 Y축방향으로 상기 고정축 검출전극과 이격되며 대향하는 제 2 가동축 검출전극을 포함하며, 상기 외력 검출기는 상기 고정축 검출전극에 대한 상기 제 1 및 제 2 가동축 검출전극의 변위량을 정전용량의 변화로서 병렬로 검출하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

청구항 13

제 6 항, 제 7 항, 제 9 항 및 제 10 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 외력 검출기는 서로 역위상으로 진동하는 상기 제 1 및 제 2 질량부중의 하나인 제 1 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 변위량을 검출하는 제 1 변위량 검출부와, 상기 제 2 질량부가 Y축방향으로 변위할 때의 변위량을 검출하는 제 2 변위량 검출부와, 상기 제 1 및 제 2 변위량 검출부에 의하여 검출한 변위량을 사용하여 각속도와 가속도를 개별적으로 연산하는 외력 연산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

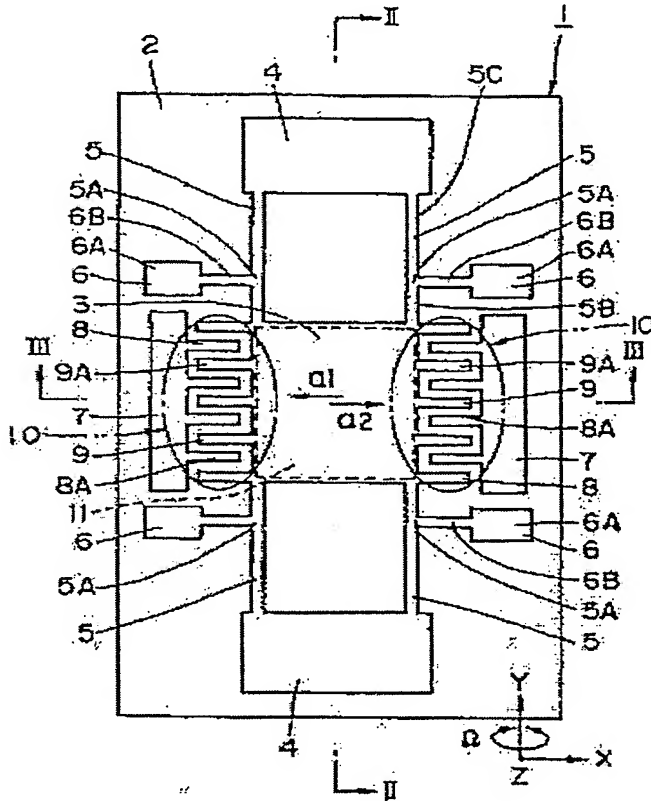
청구항 14

제 1 항, 제 2 항, 제 6 항 및 제 7 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 외력 검출기는 상기 기관상에 고

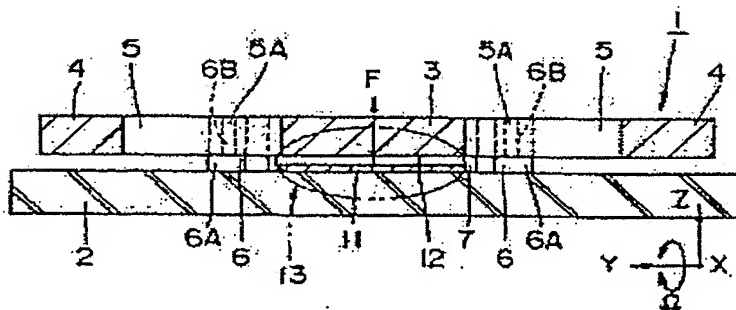
정하며 형성되며 복수의 전극이 인터디지털패턴으로 형성된 고정축 검출전극과, 상기 절량부에 형성되며 또한 상기 각 고정축 검출전극의 복수의 전극으로부터 Y축방향으로 스페이스를 두어 이격하여 인터디지털 결합하는 복수의 전극판을 갖는 가동축 검출전극을 포함하며, 상기 외력 검출기는 상기 고정축 검출전극과 가동축 검출전극 사이의 정전용량의 변화를 상기 절량부의 변위량으로서 검출하는 것을 특징으로 하는 외력 측정장치.

도면

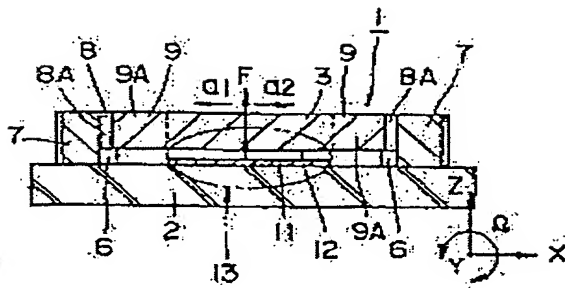
도면1



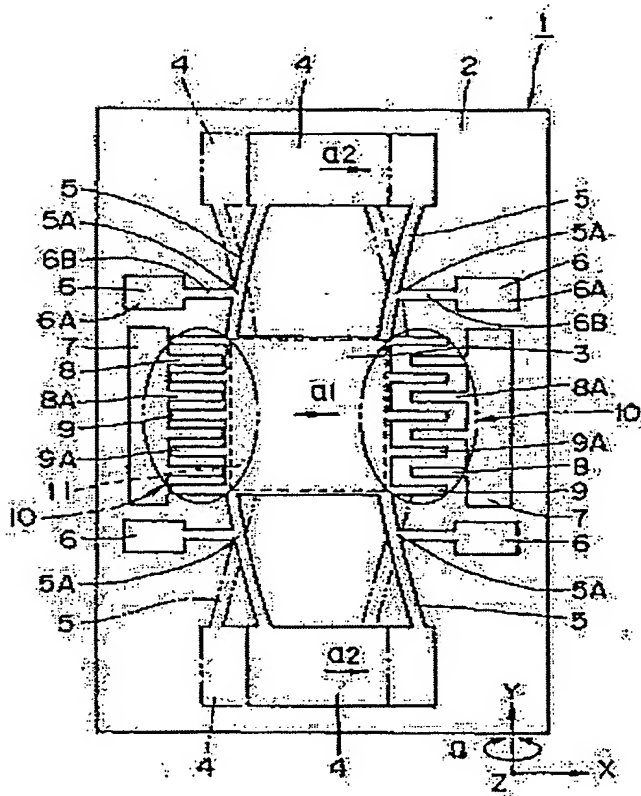
도면2



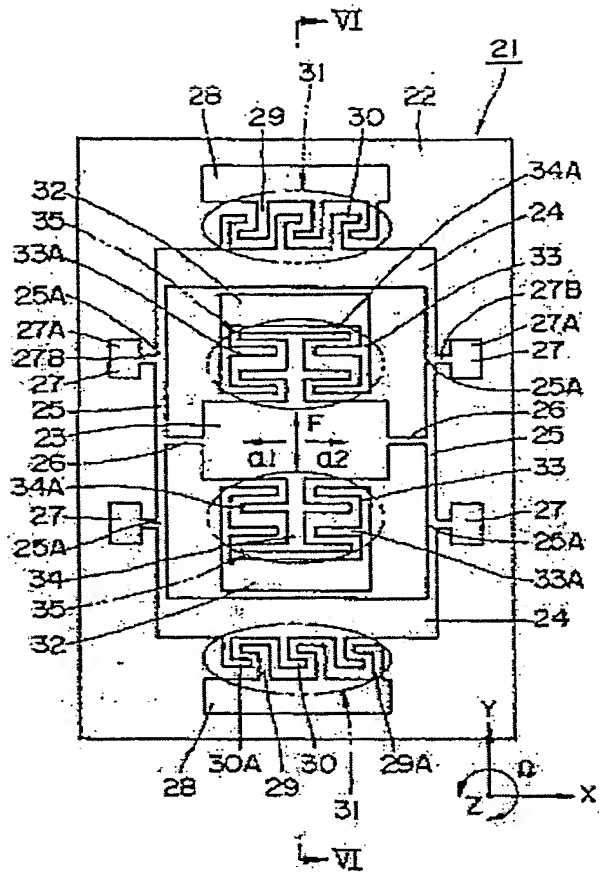
도 3



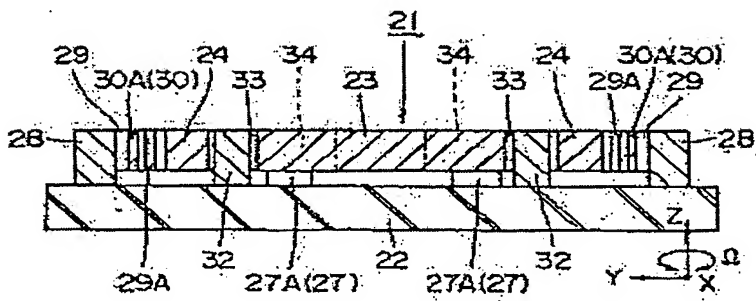
도 4



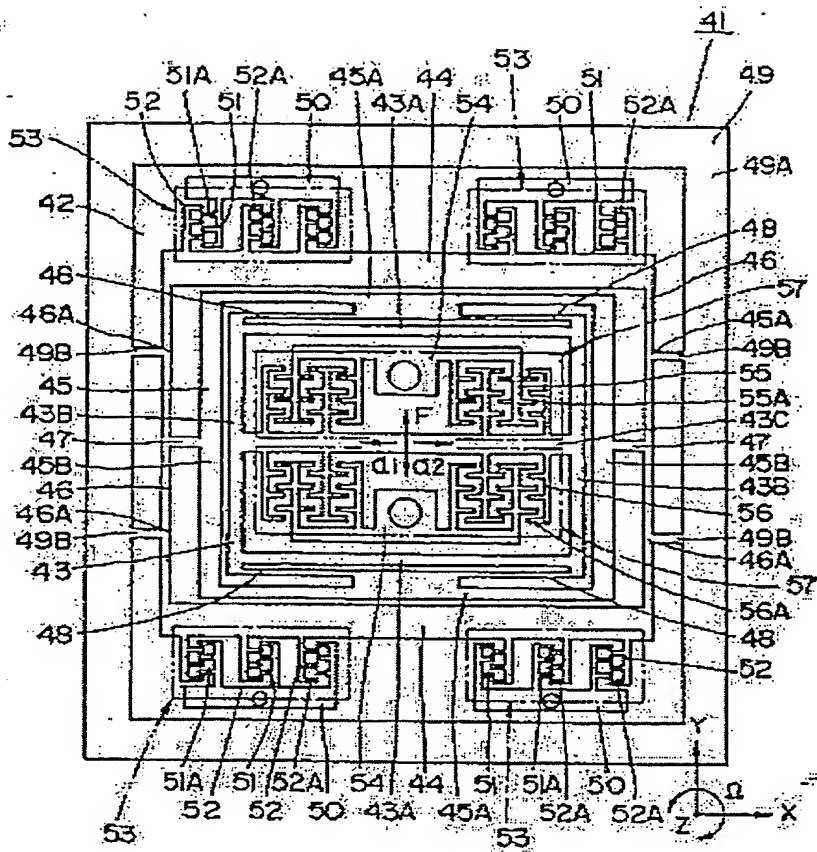
도 5



도 6



587



도 8

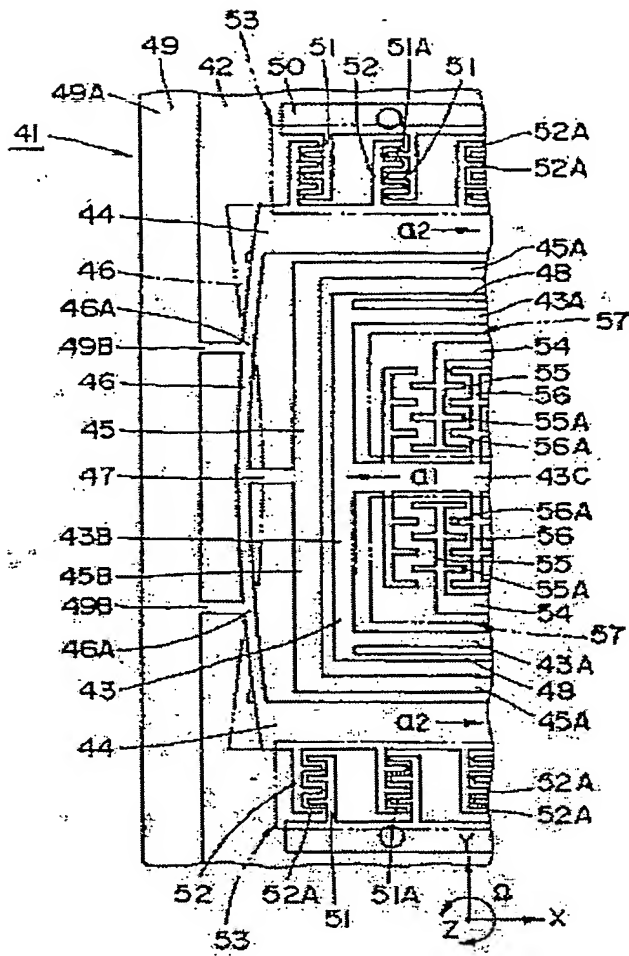
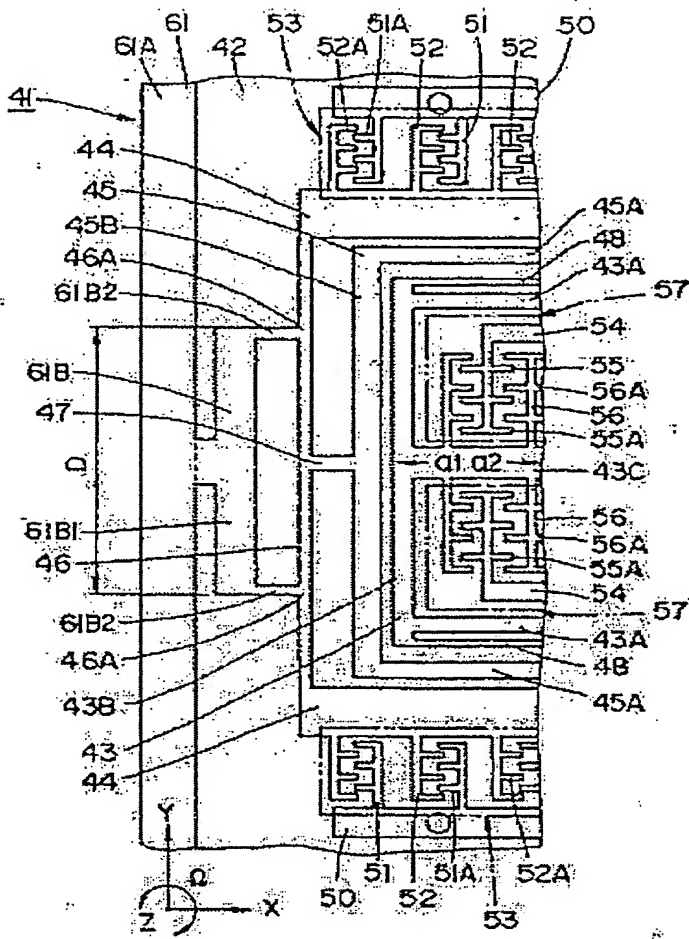
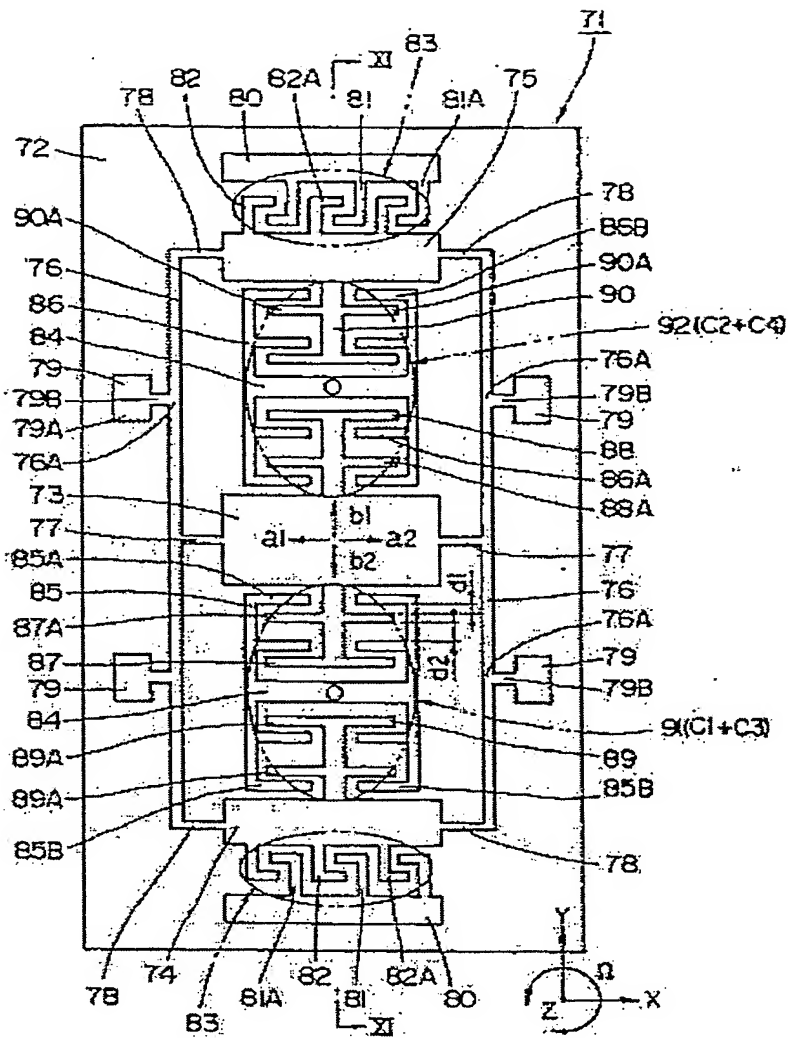


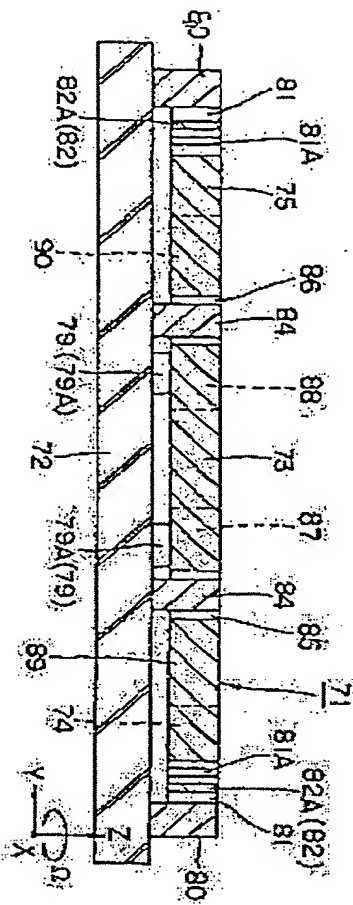
FIG. 9



도면 10



도 11



도 12

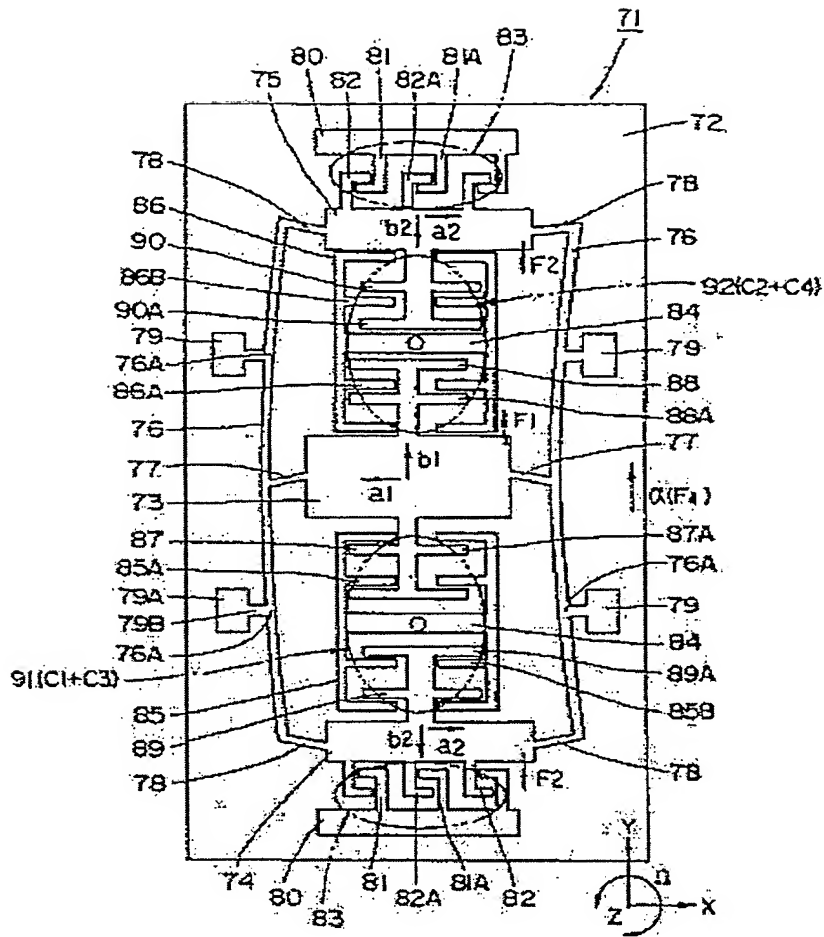
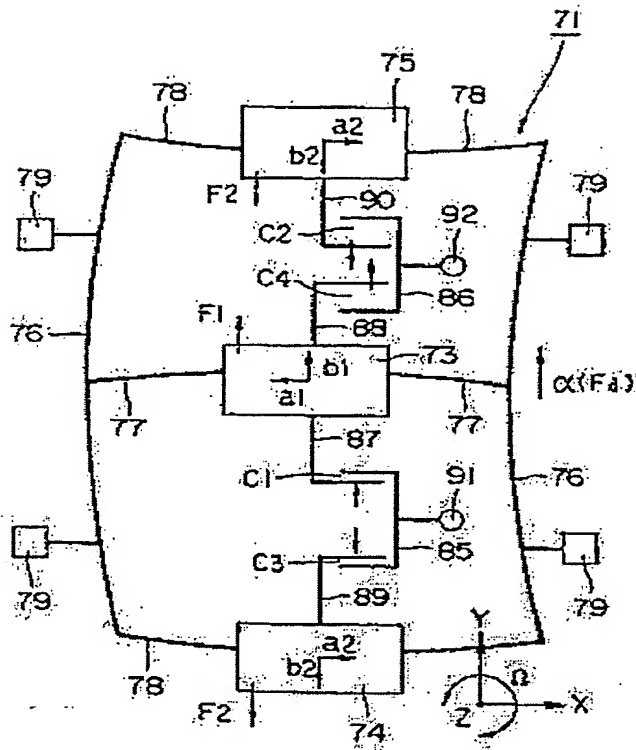
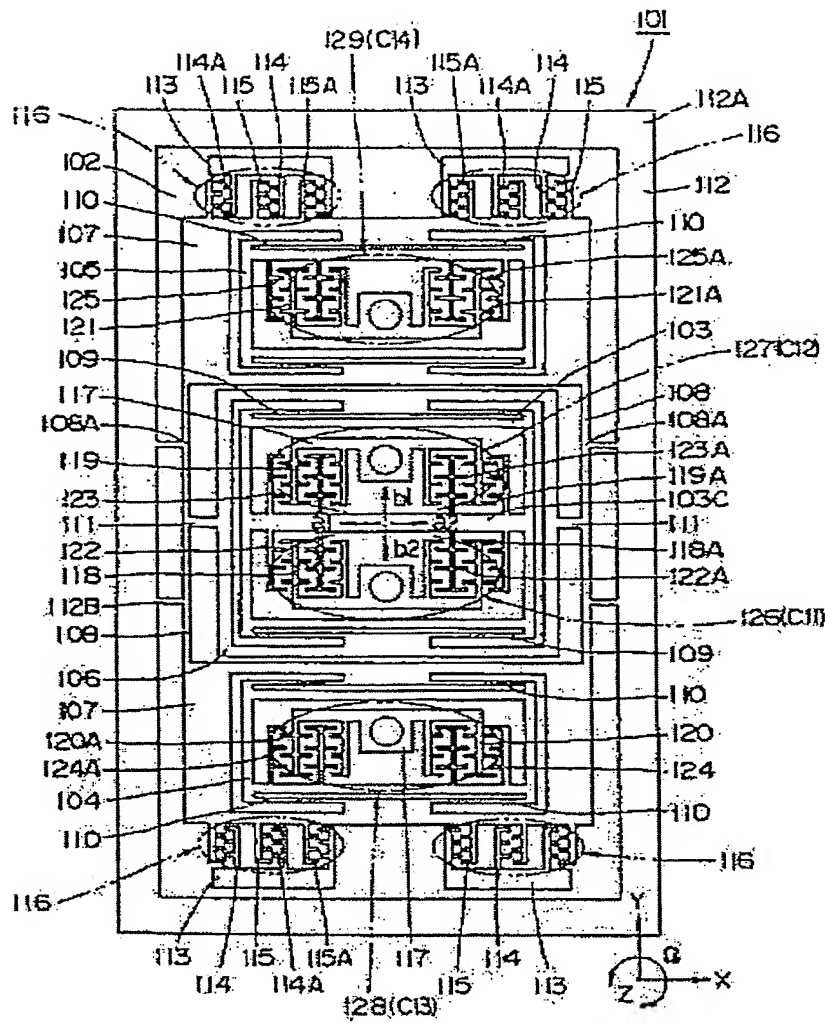


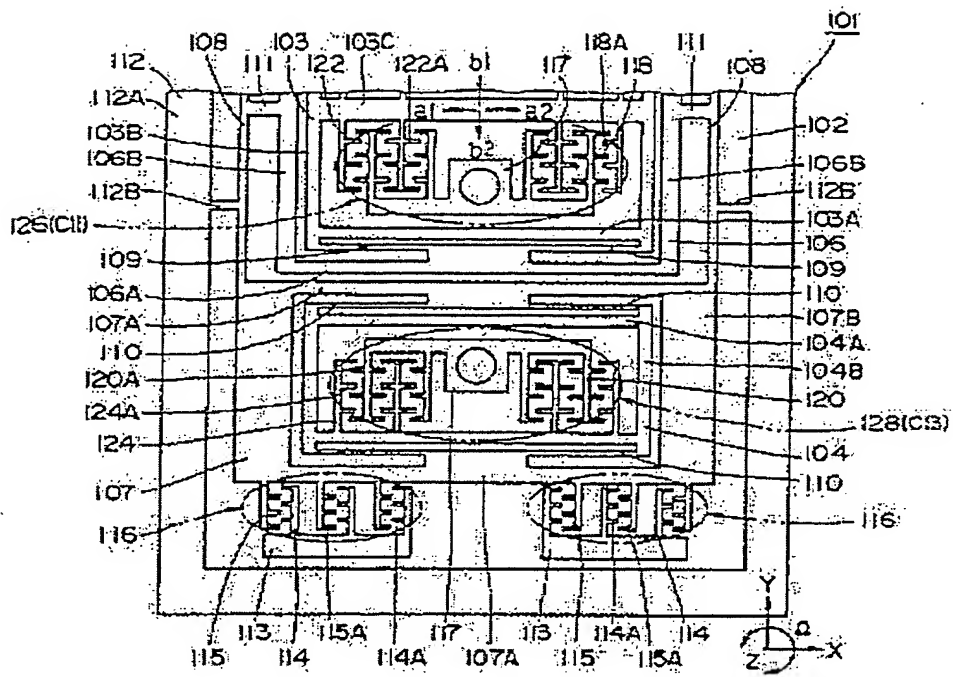
图 13



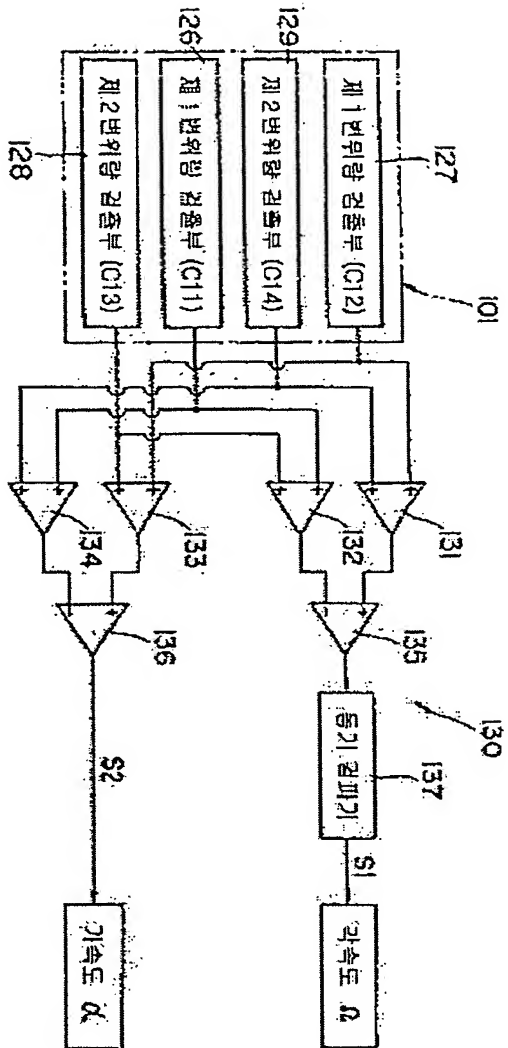
도면 14



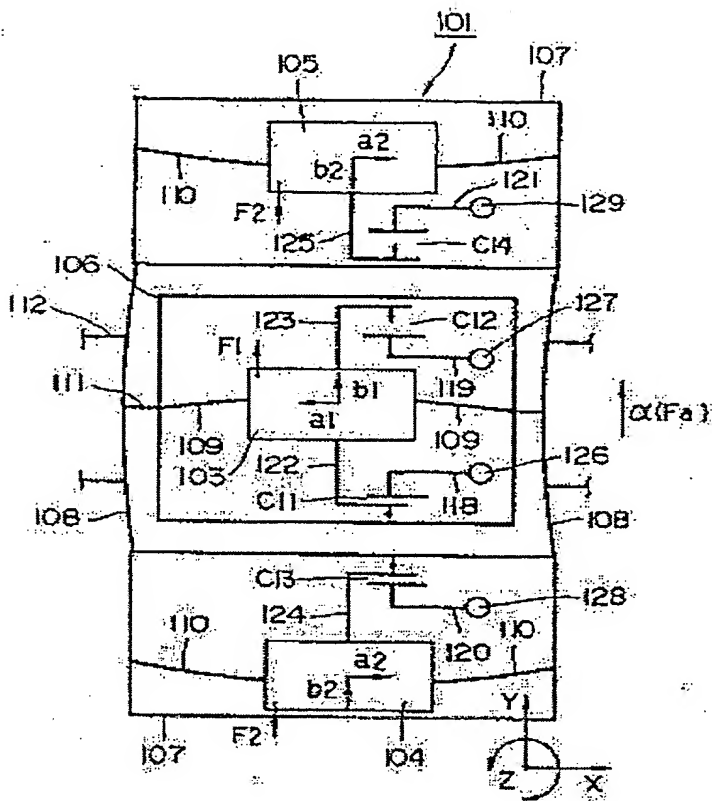
도 15



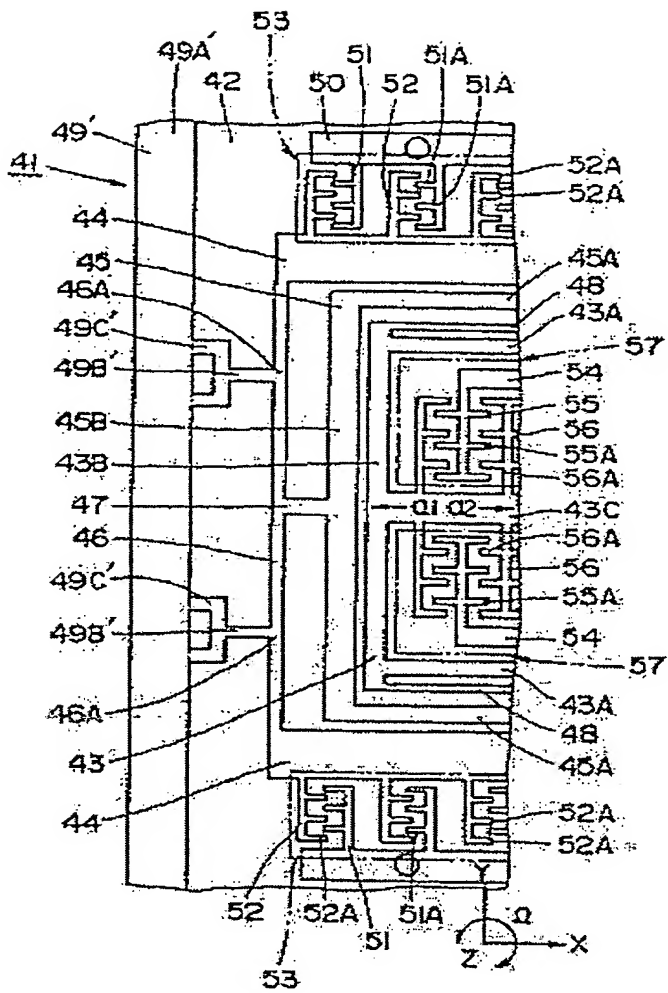
도면 10



도 17



도면 18



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)